



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juho Kahra

SODAR-tuulimittauksen liiketoimintamahdollisuudet Suomessa

Liiketalous ja matkailu

2011

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Liiketalouden koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juho Kahra
Opinnäytetyön nimi	SODAR-tuulimittauksen liiketoimintamahdollisuudet Suomessa
Vuosi	2011
Kieli	Suomi
Sivumäärä	73+10 liitettä
Ohjaaja	Ossi Koskinen

Tutkimus on osa Vaasan energiainstituutin Medvind-projektia, jota ovat toteuttamassa Vaasan yliopisto, Vaasan ammattikorkeakoulu ja yrkeshögskolan Novia, Vasa. Projektin yhtenä tavoitteena on selvittää, tarjoaako SODAR-teknologiaan perustuva tuuliolosuhteiden mittaaminen uusia liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille ja millaisia kilpailumahdollisuuksia SODAR-mittauksilla olisi.

SODAR-järjestelmä on tuulenmittausteknologiana uusi ja siitä on tehty vasta muutama tieteellinen tutkimus ja ne ovat kaikki olleet teknisiä tutkimuksia. Tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivisena tutkimusmenetelmänä monivalintakyselyä, johon vastasi kuusitoista tuulialan ammattilaista. Kvalitatiivisena tutkimusmenetelmänä haastateltiin SODAR-mittauksia välittävän yrityksen toimitusjohtajaa ja lisäksi toteutetun monivalintakyselyn yhteydessä vastaajia pyydettiin kertomaan SODAR-teknologian hyvät ja huonot puolet.

Tutkimus osoittaa, että Suomessa on erittäin suuri tarve tuulimittauksille aina vuoteen 2020 asti ja todennäköisesti senkin jälkeen. Kyselyn tulosten perusteella voisi arvioida SODAR-teknologiaa käytettävän jossakin muodossa 50 %:ssa tulevista tuulimittauksista ja kaikkien mittausten määrä olisi seuraavan kymmenen vuoden aikana 1000–1500 mittausta eli 500 – 750 SODAR-mittausta. Nykykapasiteetilla tämä tarkoittaisi 4–6 mittausta per SODAR-laite per vuosi, kun yhdellä laitteella pystytään toteuttamaan 1–4 mittausta vuodessa. Tuulialan ammattilaisten mielestä SODAR-teknologia tulee ole merkittävä osa tulevaisuuden tuulimittauksissa joko yksin tai meteorologisen maston kanssa. Lisäksi SODAR-laitteilla on helppo ja nopea selvittää, onko suunniteltu alue riittävän tuulinen tuulivoimalalle tai -puistolle. Lähes kaikki Suomessa käytettävät SODAR-laitteet ovat AQSystemsin AQ 500 Wind Findereita. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia tarjoaisi SODAR-palveluiden tuottaminen uudella ja tarkemmalla laitteella, jota ei ole muilla tai sitten tekemällä edellä mainitulle laitteella kahden vuoden sijasta kolmen vuoden poisto, jolloin asiakkaita voidaan houkutella halvemmalla hinnalla.

SODAR, Tuulivoima, Tuulenmittaus, Uusiutuvat energialähteet

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Liiketalouden koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Juho Kahra
Title	Business Opportunities of SODAR Wind Measurements in Finland
Year	2011
Language	Finnish
Pages	73+10 appendices
Name of Supervisor	Ossi Koskinen

This research is a part of the Medvind-project, which is executed by the Energy Institute of Vaasa. The project is shared with three local colleges including Vaasa University, Vaasa University of Applied Sciences and Novia University of Applied Sciences, Vasa. The case is to find out what kind of business possibilities does SODAR wind measuring technology offer to Finnish companies and what kind of possibilities the SODAR-technology has for competition.

The SODAR-technology is a fresh wind measuring technique and there is only few technical studies made of it until this day. Interviews and open questions were used as a quantitative method in this research and multiple-choice questions as a qualitative method. Sixteen wind industry professionals answered the inquiry and the CEO of SODAR-services providing company was interviewed.

The research shows that there is a huge need for wind measurements in Finland until year 2020 and probably even after that. Respondents believe that the SODAR-technology will be in a key role in the future wind measurements, as a stand-alone system or calibrated with a met mast. Within next ten years there will be approximately 1000-1500 wind measurements and at least in 50 % of those SODAR will be involved. For the devices in the Finnish markets today it would mean 4–6 measurements per device per year, when one device can make 1–4 measurements per year. The Study shows that SODAR is a fast and easy way to find out if the chosen spot is suitable for wind power plant or not. Almost all the SODAR-devices used in Finnish markets are AQ Wind Finders, made by AQSystems. New models providing more specific and reliable data or shortening the measuring device mentioned above in three years, instead of two, could offer new business possibilities to offer SODAR-services

SODAR, Wind Power, Wind Measuring, Renewable energy sources

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	6
LIITELUETTELO	7
1 JOHDANTO	8
2 LIIKETOIMINNAN KEHITTÄMINEN.....	10
2.1 Yritysmuodot	10
2.1.1 Osuuskunta.....	10
2.1.2 Osakeyhtiö	11
2.1.3 Avoin yhtiö	12
2.1.4 Kommandiitti yhtiö.....	12
2.1.5 Toiminimi.....	13
2.2 Yrityksen Liiketoimintastrategia.....	13
2.2.1 Viiden kilpailuvoiman malli	14
2.2.2 Porterin yleisstrategilliset keinot erottua kilpailijoista.....	16
2.2.3 SWOT	17
2.3 Markkinointistrategia ja B2B-markkinointi.....	18
2.4 Liiketoiminnan mittarit ja yhteiskuntavastuu.....	21
2.4.1 BSC	23
2.4.2 ISO 9001	25
3 TUULIVOIMA	27
3.1 Tuuli ja sen syntyminen	27
3.2 Tuulivoimatuotanto	30
3.3 Tuulivoiman vaikutukset.....	32
3.4 Taloudellisuus	33

3.5	Tuulivoimalaitokset Suomessa.....	34
3.6	Tuulimittaus	35
3.6.1	Miksi tuulta mitataan	35
3.6.2	Tarjolla olevat tuulenmittausmenetelmät.....	36
3.6.3	Anemometrit	37
3.6.4	Sodar	38
3.6.5	LIDAR	39
4	SODAR	40
4.1	SODAR-järjestelmien toimintamalli lyhyesti.....	41
4.2	SODAR-järjestelmän kustannukset	42
5	EMPIIRINEN TUTKIMUS.....	44
5.1	Aikaisemmat tutkimukset.....	44
5.2	Kyselyn toteutus.....	50
5.3	Kyselyn tulokset.....	51
5.3.1	Vastausten luotettavuus.....	52
5.3.2	Tuulimittausten tärkeys.....	54
5.3.3	SODAR-mittausten menneisyys	55
5.3.4	SODAR-tekniikan luotettavuus	56
5.3.5	Kustannukset.....	59
5.3.6	SODAR-teknologian tulevaisuus.....	60
5.3.7	Tulevaisuuden tarve SODAR-mittauksille	62
5.4	Sodar-laitteet Suomessa	65
5.5	SWOT	66
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	67
7	YHTEENVETO JA POHDINTA	71
	LÄHTEET.....	72

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Liiketoiminnan kolmiodraama (Kamensky 2008)	14
Kuvio 2. Porterin viiden kilpailuvoiman malli (Porter 1980)	15
Kuvio 3. Porterin kolme yleisstrategillista keinoa erottua (1980).	16
Kuvio 4. Tasapainotettu mittaristo (Kaplan & Norton 1996).	25
Kuvio 5. 3-lapaisten tuulivoimaloiden vuotuista energiantuotantoa (MWh/vuodessa). (Haapanen ym. 2009).	31
Kuvio 6. 2002–04 tehtyjen mittausten eroavaisuudet maston ja SODAR-tekniikan välillä.	46
Kuvio 7. Kelvollinen data suhteessa mitattuun aikaan, kun suodattimia käytetty (Oostrum 2009).	47
Kuvio 8. Mitattujen tuulennopeuksien vertailua maston ja SODAR-laitteen välillä 100 metrissä (Oostrum 2009).	48
Kuvio 9. Vastaajien asema omassa organisaatioissaan.	52
Kuvio 10. Vastaajien uran pituus tuulivoimateollisuudessa.	53
Kuvio 11. Tuulimittausten tärkeys osana tuulivoimalan sijoittamispäätöstä.	54
Kuvio 12. SODAR-mittausten onnistuminen tähän mennessä.	55
Kuvio 13. Vastaajien arvio SODAR-mittausten luotettavuudesta.	56
Kuvio 14. SODAR-mittauksen riittävyys ainoana mittausmenetelmänä tuulivoimalan sijoittamispäätöksessä.	57
Kuvio 15. Vastaajien arvio SODAR-tekniikan paremmuudesta verrattaessa meteorologiseen mastoon.	58
Kuvio 16. Vastaajien arvio SODAR-mittausten edullisuudesta verrattaessa metaorologiseen mastoon.	59
Kuvio 17. SODAR-laitteiden käyttö nyt ja kysyntä tulevaisuudessa.	60
Kuvio 18. Vastaajien arvio johtavasta mittaustekniikasta vuonna 2020.	61
Kuvio 19. Vastaajien arvio siitä, kuinka monen tuulivoimalan perustamiseksi yksi SODAR-mittaus riittää.	63
Kuvio 20. Vastaajien tarve SODAR-mittauksille seuraavan viiden vuoden aikana.	64
Taulukko 1. Markkinointistrategian jatkumo (Grönroos 2009: 343).	20
Taulukko 2. SODAR-laitteen kustannusarvio per kuukausi.	43
Taulukko 3. AEP=Annual Energy Production MW. (de Noord ym.: 65).	45
Taulukko 4. Todennäköisyys SODAR-mittaukselle.	62
Taulukko 5. SWOT-analyysi.	66
Taulukko 6. Tuotto-odotus per kuukausi.	68

LIITELUETTELO

Liite 1. Kysely

Liite 2. Kyselyn tulokset

1 JOHDANTO

Tutkimus on osa Vaasan energiainstituutin toteuttamaa Medvind-projektia, jossa ovat mukana Vaasan yliopisto, Vaasan ammattikorkeakoulu ja Yrkeshögskolan Novia Vasa. Projektin yhtenä osana on selvittää, tarjoaako SODAR-teknologiaan perustuva tuuliolosuhteiden mittaaminen uusia liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille tai uuden yritystoiminnan perustamiseksi. SODAR-teknologiaa käytetään paljon jo muissa pohjoismaissa ja Suomessakin laitteen käyttö on yleistymässä. Tarkoituksena on selvittää, tuleeko Suomessa olemaan tilausta SODAR-tekniikkaa käytettävälle tuulenmittausmenetelmällä ja millä keinolla markkinoille kannattaisi pyrkiä.

Tutkimusongelma on, millaisia liiketoimintamahdollisuuksia SODAR-tyyppinen tuuliolosuhteiden mittaaminen tarjoaa Suomessa seuraavan kymmenen vuoden aikana? Tästä ongelmasta on johdettu seuraavat tutkimuskysymykset.

- Millainen kysyntä markkinoilla tulee olemaan SODAR-tuulimittauksille?
- Millainen tarjonta markkinoilla on tällä hetkellä SODAR-tuulimittauksille?
- Minkä verran laitteistoinvestointi tarkalleen maksaa?
- Kuinka kannattavaa SODAR-pohjainen tuuliolosuhteiden mittaaminen olisi?

Tavoitteena on löytää mahdollisia ratkaisuja ja keinoja SODAR-teknologian hyödyntämiseen suomalaisilla markkinoilla ja tutkia onko kyseessä olevan teknologian käyttöönotto taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään, millaisia mahdollisuuksia Suomessa olisi liiketoiminnalle jo olemassa olevien SODAR-palveluiden lisäksi. Tutkimuksen tulosten avulla voi tehdä päätöksiä, onko SODAR-laitteen hankinta kannattavaa ja millainen kilpailustrategia sen ympärille kannattaisi rakentaa.

Tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä haastattelemalla SODAR-mittauspalveluita välittävän yrityksen toimitusjohtajaa sekä kyselylomakkeen avoimilla kysymyksillä, joissa vastaajat saivat kertoa omin sanoin SODAR-

teknologian hyvistä ja huonoista puolista. Kvantitatiivisia menetelmiä käytettiin kyselylomakkeessa, esittämällä vastaajille monivalintakysymyksiä. Kyselylomake lähetettiin hieman yli sadalle tuulivoiman ammattilaiselle, joista kyselyyn vastasi kuusitoista henkilöä

Kyselyn tulosten perusteella voisi arvioida SODAR-teknologiaa käytettävän jossakin muodossa 50 %:ssa tulevista tuulimittauksista ja kaikkien mittausten määrän ollessa seuraavan kymmenen vuoden aikana karkean arvion mukaan 1000–1500 mittausta, joista 500 – 750 SODAR-laitteilla. Nykykapasiteetilla tämä tarkoittaisi 4–6 mittausta per SODAR-laite per vuosi, kun yhdellä laitteella pystytään toteuttamaan 1–4 mittausta vuodessa.

Yhden SODAR-laitteen hankintakustannukset ovat noin 75 000 euroa sisältäen ohjelmiston, joka kerää tuulidatan luettavaan muotoon. Ongelmana suurimmassa osassa SODAR-laitteita on, että niiden käyttöön tarvitaan koulutettu asiantuntija, joka osaa käyttää laitetta ja saa tarvittavan datan mittauksista helposti luettavassa muodossa. Huomioitavaa on, että lähes kaikki Suomessa käytössä olevat SODAR-laitteet ovat ruotsalaisen AQSystemsin AQ500 Wind Findereita, joten kyselyn tulokset perustuvat pitkälti kyseessä olevan mallin käyttökokemuksiin.

SODAR-laitteella tehtäviä tuulimittauspalveluita tarjoaa tällä hetkellä ainoastaan vain muutama yritys Suomessa, joten markkinoilla on riittävästi tilaa useammallekin toimijalle. Tilaisuus siis olisikin tulla markkinoille jollakin toisella laitteella, jolla voidaan tarjota kilpailijoihin nähden joko halvempia tai luotettavampia ja halvempia tuulimittauspalveluita kahden vuoden poistolla, jolloin riskin osuus olisi pieni ja rahallinen tuotto-odotus isompi. Toinen mahdollisuus olisi kilpailla asiakkaista tekemällä hankitulle laitteella kolmen vuoden poisto, jolloin hintaa voidaan merkittävästi leikata ja voidaan aggressiivisemmin kilpailla asiakkaista, mutta riskit ovat korkeammat ja rahallinen tuotto-odotus pienempi. Asiakkaita olisi kuitenkin helpompi saada halvemmilla hinnoilla, sillä aloittavan yrityksen on vaikea kilpailla laadulla alalla pidempään toimineita vastaan.

2 LIIKETOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Aloittaessaan toimintansa, on yrityksen liiketoimintaansa kohdistuvien riskien minimoimiseksi kartoitettava tuleva toimintaympäristönsä mahdollisimman tarkasti. Tarkoituksena on luoda puitteet toimivalla ja hyvinvoivalle yritykselle, siten että sen rakenteet kestäisivät suunnitellun kasvun.

Voidaan kehittää kolmiportainen järjestelmä, jonka kiipeämällä ylös yrityksen voidaan katsoa olevan valmis aloittamaan liiketoiminta. Jokainen porras vastaa järjestyksessä seuraavia: Yritys valitsee toiminnalleen sopivan yritysmuodon, tavoitteelleen ja toiminnalleen sopivan kilpailu- ja markkinointistrategian ja miten saavutettuja tuloksia mitataan.

2.1 Yritysmuodot

Yritysmuodon valinta on tärkeä ratkaisu yritystoimintaa aloitettaessa. Yrityksen suunnitellun toiminnan luonne on suurin vaikuttava tekijä yritysmuodon valinnassa. Pääoman tarve sekä yrityksen perustamiseen ja toimintaan osallistuvien henkilöiden lukumäärällä on oma merkityksensä. Eri yritysmuodot ovat verotuksellisesti kaikki jossain määrin eri asemassa. Yritystä perustettaessa on tärkeää huomata, että ilmoitustusvelvollisuudet ja muut perustamiseen liittyvät toimet vaihtelevat vaihtoehtoina olevien yritysmuotojen mukaan. Jokaisen elinkeinonharjoittajan vastuulla on kuitenkin tehdä perustamisilmoitus elinkeinoonsa liittyen. Elinkeinotoimintaa varten on haettava toimilupa tai siitä on tehtävä ilmoitus ennen toiminnan aloittamista, mikäli elinkeinotoiminta perustettavan yrityksen osalta on luvan- tai ilmoituksenvaraista. (Suomen Yrittäjät 2008.)

Tähän tutkimukseen on kerätty ne yritysmuodot, jotka parhaiten yritysmuodoksi SODAR-tuulimittauspalveluille.

2.1.1 Osuuskunta

Osuuskunnassa tulee olla vähintään kolme perustajaa. Luonteeltaan osuuskunta on yhteisö ja sen osuuspääomaa sekä jäsenmäärää ei ole ennakkoon määrätty. Tarkoituksena osuuskunnalla on siihen kuuluvien jäsenten elinkeinon tai

taloudenpidon tukemiseksi harjoitettava taloudellista toimintaa ja jäsenet voivat tätä hyödyntää ostamalla osuuskunnan myymiä tuotteita tai sen tarjoamia palveluita. Pääasiallinen tarkoitus osuuskunnalla voi olla myös aatteellinen, jolloin osuuskunnan tehtävä ei ole tuottaa voittoa.

Osuuspääoma osuuskunnassa koostuu jäsenten maksamista osuusmaksuista sekä muista osuuskunnan säännöissä määritellyistä maksuista. Osuuskunnan päämäärä ei ole voiton tuottaminen jäsenilleen. Säännöissä usein kuitenkin määrätään ylijäämän jakamisesta takaisin jäsenille. Mikäli säännöt eivät toisin määrää, voitonjako on suoraan verrannollinen siihen, kuinka paljon kukin jäsen on hyödyntänyt osuuskunnan palveluita tai ostanut sen myymiä tuotteita. (Suomen Yrittäjät 2008.)

2.1.2 Osakeyhtiö

Osakeyhtiön perustamismenettelyä yksinkertaistettiin vuonna 2006 ja sen seurauksena nykylaissa on lähtökohtana, että perustamistoimien alkaessa osakkeenomistajat ovat jo tiedossa. Tällöin erikseen järjestettävä perustamiskokous on tarpeeton. (Suomen Yrittäjät 2008.)

Perustamissopimuksen yhteydessä on oltava mukana yhtiöjärjestys joko osana perustamissopimusta tai vaihtoehtoisesti liitteenä. 2006 voimaan astuneen lain myötä yhtiöjärjestys voi olla todella suppea. On kuitenkin muistettava, että yhtiöjärjestyksen tehtävänä on säädellä yhtiön toimintaa. Toisin sanoen yhtiöjärjestys on osakeyhtiön sisäinen laki. (Suomen Yrittäjät 2008.)

Osakeyhtiö on verovelvollinen yksikkö, jota verotetaan valtakunnallisen yhteisöverokannan 26 % mukaisesti. Verotettu tulo verotetaan osakeyhtiön tulona, ei osakkeenomistajan tulona. Osakeyhtiö voi halutessaan maksaa osakkailleen rahapalkkaa ja myöntää luontaisetuja. (Suomen Yrittäjät 2008.)

Vähimmäisosakepääoma (2500 euroa) on aina merkittävä osakepääomaan. Osakkeet on maksettava yhtiön tilille ennen kuin rekisteröinti-ilmoitus voidaan tehdä. Osakeyhtiöitä käsitellään oikeushenkilöinä. (Suomen Yrittäjät 2008.)

2.1.3 Avoin yhtiö

Avoimessa yhtiössä kaksi tai useampi vastuunalainen yhtiömies liittyy yhteen harjoittamaan yhteistä liiketoimintaa. Avoimessa yhtiössä jokainen yhtiömies on vastuussa henkilökohtaisella omaisuudellaan liiketoiminnan mukana tuomissaan riskeissä niin omasta kuin yhtiökumppaneidenkin puolesta. Yhtiösopimuksessa voidaan kuitenkin sopia avioehdosta, jossa vastuuta voidaan rajata. (Verohallinto 2008.)

Yhtiön syntymiseen tarvitaan joko suullinen tai kirjallinen sopimus, mutta todellisuudessa ainoastaan kirjallinen on hyväksyttävä vaihtoehto, sillä perustetusta yrityksestä täytyy tehdä kirjallinen ilmoitus kaupparekisteriin. Ennen elinkeinon aloittamista on avoimen yhtiön tehtävä aina ilmoitus toimintansa aloittamisesta. (Verohallinto 2008.)

2.1.4 Kommandiittiyhtiö

Kommandiittiyhtiön muodostavat vastuunalainen sekä äänetön yhtiömies. Kumpiakin yhtiömiehiä tulee olla vähintään yksi kappale kumpaakin. Äänettömällä yhtiömiehellä on kommandiittiyhtiössä tehtävänä sijoittaa yhtiöön pääomaa ja olla hiljaa. Sijoittamalleen pääomalle äänetön yhtiömies saa yhtiösopimuksessa sovitun koron. Äänetön yhtiömies vastaa yhtiön sitoumuksista vain sijoittamallaan pääoman määrällä. Vastuunalainen yhtiömies vastaa yhtiön veloista henkilökohtaisesti samoilla periaatteilla kuin avoimen yhtiön yhtiömiehet. (Verohallinto 2008.)

Kaupparekisteriin on aina tehtävä ilmoitus kommandiittiyhtiöstä ennen elinkeinotoiminnan aloittamista. Yhtiösopimuksen voi tehdä joko suullisesti tai kirjallisesti yhtiön perustamiseksi. Todellisuudessa yhtiösopimus on kuitenkin tehtävä kirjallisena, sillä sitä vaaditaan liitteeksi kaupparekisteriin tehtävässä perustamisilmoituksessa. Yhtiösopimuksen on sisällettävä äänettömien yhtiömiesten sijoitusten suuruus sekä millä tavalla äänettömän yhtiömiehen voitto-osuus jakamaan. (Verohallinto 2008.)

2.1.5 Toiminimi

Toiminimi on yhtä kuin elinkeinonharjoittaja. Heidät voidaan jakaa ammatinharjoittajiin ja liikkeenharjoittajiin. Molemmille edellä mainituista, että ne ovat itsenäisiä yksiköitä ja toimivat yrittäjän hyväksi. Liikkeenharjoittajan toiminta on yleensä huomattavasti riskinalaisempaa ja tavallista on, että hänellä voi olla käytössään vierasta työvoimaa ja kalliita investointeja. Elinkeinonharjoittajan katsotaan olevan liikkeenharjoittaja, mikäli hänellä on pysyvä osto- tai myyntipaikka. (Verohallinto 2005.)

2.2 Yrityksen Liiketoimintastrategia

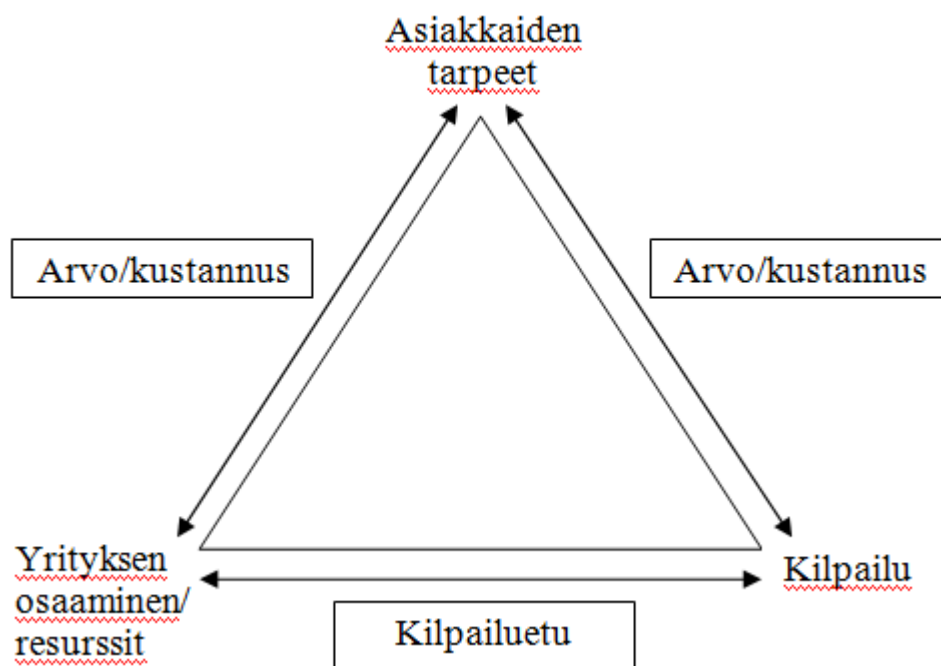
Lahdenpää, Lainema ja Puolakan (2002: 129 - 130) mukaan kilpailustrategia osoittaa keinot, joita hyväksi käyttäen yritys kilpailee valitsemallaan liiketoiminta-alueella. Kamensky (2008: 25) määrittelee liiketoimintastrategian olevan yhtä kuin kilpailustrategia, jonka avulla yritys kykenee luomaan tarvitsemansa kilpailuedun sille parhaiksi katsomillaan liiketoiminnan osa-alueilla. Koskinen, Laukkanen ja Vanhala (2002: 129 - 130) pohtivat liiketoimintastrategian ja/tai kilpailustrategian määrittelevän yrityksen liiketoimintaa kannattelevan peruslinjan, jolla yritys pystyy luomaan itselleen kilpailuedun valitsemillaan liiketoiminta-alueilla.

Liiketoimintastrategioiden lähtökohtana on oletus, että päivittäinen kilpailu elintilasta käydään kentällä, jossa kohdataan erilaiset kilpailijat sekä toimittajat ja tavoitteena ovat maksavat asiakkaat (Kamensky 2008: 25). Koskisen ym. (2002: 114–116) mukaan liiketoimintastrategialta toivotaan vastausta kahteen seuraavaan kysymykseen:

- Miten yritys kilpailee elintilastaan omalla toimialalla ja vallitsevassa toimintaympäristössä?
- Miten yritys toimii ja käyttäytyy asiakkaitaan kohtaan?

Tärkein liiketoimintastrategian tavoite on pyrkimys ratkaista liiketoiminnan kolmiodraama (kuvio 1). Edellä mainitun kolmion kärjet muodostavat kilpailu, yrityksen osaaminen ja resurssit sekä asiakkaiden tarpeet. Yrityksen osaaminen ja

resurssit on tässä kolmiossa hyvin merkittävässä osassa, sillä sen avulla tavoitellaan kilpailuetua, jolla voidaan erottua kilpailijoista. Oli kyseessä sitten mahdollisimman laadukas tai päinvastaisesti mahdollisimman halpa tuote. Kaiken kaikkiaan liiketoiminnan kolmiodraaman ratkaisemiseen tarvitaan jokaisen kolmen osa-alueen ymmärtämistä ja hallintaa, siten että ne eivät syö huomiota toisiltaan. (Kamensky 2008: 239–241.)



Kuvio 1. Liiketoiminnan kolmiodraama (Kamensky 2008)

2.2.1 Viiden kilpailuvoiman malli

Michel E. Porter (1980: 3-7) on luonut viiden kilpailuvoiman mallin, jossa tarkkailtavan markkinan viehätysvoimaa mitataan yrityksen toimialan näkökulmasta. Tässä kehikossa on viisi eri voimaa, jotka määräävät lopputuloksen siitä kuinka houkutteleva tarkkailtava ala on. Viiden kilpailuvoiman mallia hyödyntämällä voidaan tarkkailtavalta alalta löytää esimerkiksi segmenttejä, joiden ostovoimaa ei ole vielä täysin hyödynnetty. Tätä mallia käyttämällä

yrittäjien on huomattavasti helpompaa kohdentaa ja tehostaa resurssejaan tiettyyn segmenttiin asiakasrajapinnassa.

Nämä viisi eri voimaa ovat:

1. Kuluttajien markkinavoima
2. Tuottajien markkinavoima
3. Uusien kilpailijoiden uhka
4. Korvaavien tuotteiden uhka
5. Toimialan nykyisen kilpailun taso



Kuvio 2. Porterin viiden kilpailuvoiman malli (Porter 1980).

Kannattavan liiketoiminnan perusedellytyksenä on olla kilpailijoita parempi jollain tietyllä osa-alueella, jolla saadaan houkuteltua tietty asiakasryhmä ostamaan oman yrityksen tuotteita.

Kun aloittava yritys tietää, mikä on sen tuote tai palvelu, on sen etsittävä kohdeasiakaskunnasta sen tuotteille sopiva segmentti, jolle sen tarjoamat hyödykkeet käyvät parhaiten kaupaksi.

2.2.2 Porterin yleisstrategilliset keinot erottua kilpailijoista

Porterin (1980: 34–40) mukaan yrityksellä on kolme erilaista yleisstrategillista mahdollisuutta erikoistua ja kehittää tuotettaan yhä paremmin tuottavaksi.

	Ainutlaatuisuus	Halvat tuotteet
<u>Koko alan käsittäviä</u>	Differointi	Kustannusjohtajuus
<u>Tietty segmentti</u>	Fokusointi	

Kuvio 3. Porterin kolme yleisstrategillista keinoa erottua (1980).

1. Kustannusjohtajuus

Tavoitteena on tarjota kuluttajille kilpailijoita halvempia tuotteita. Kustannusjohtajuus vaatii koko ajan tehokkaampia tuotantoprosesseja ja kykyä vähentää väliportaita ja niiden kustannuksia, joiden seurauksena kustannukset yritykselle ja kuluttajalle laskevat.

2. Differointi

Tavoitteena on erottaa yrityksen tuote kilpailijoiden vastaavista. Keinoja tämän tavoitteen saavuttamiseksi ovat brändin luominen tuotettavalle tuotteelle tai tuottaa tuote jonka ominaisuudet tai sisältö poikkeavat kilpailijoista (vrt. iPhone).

3. Fokusointi

Tavoitteena on keskittää yrityksen liiketoiminta kohtaamaan jokin tietty asiakasryhmä, jokin kuluttajasegmentti tai maantieteellinen alue. Fokusoinnin avulla yritys pystyy erottumaan kilpailijoista.

Joskus yritys pystyy tarjoamaan tuotteitaan/palveluitaan kohderyhmälleen kahdella edellä mainituista tavoista, mutta tämä on kuitenkin erittäin harvinaista. Fokusoimalla yritys voi saavuttaa sivutuotteena aseman toisena kahdesta ensiksi mainitusta, mutta kustannusjohtajuus ja differoituminen yhdessä on käytännössä mahdotonta. (Porter 1980: 35.)

Otetaan esimerkkinä ruuvimeisseli. Kaupungin keskustan yksiössä asuva opiskelijasinkku arvostaa halpaa ruuvimeisseliä, jolla voi tarvittaessa kiristää vessanoven lukon löystyneitä ruuveja. Mieluiten tällainen ruuvimeisseli saisi olla vielä useampaankin eri tehtävään sopiva, niin ei tarvitse aina hommata uudenlaista ruuvimeisseliä uuteen ongelmaan.

Ammattitimpuri puolestaan arvostaa laadukasta ruuvimeisseliä, joka kestää kovaakin vääntöä lämpötilasta ja tilasta riippumatta. Timpuri ei välitä, vaikka meisseli olisi sopiva ainoastaan siihen yhteen ja ainoaan tehtävään johon se on luotu ja on sitä myötä kalliimpi. Kunhan se on luotettava ja sillä saa aikaan sitä mitä halutaan.

Sinkulle on olemassa Clas Olson (kustannusjohtajuus-fokusointi), timpurille Wurth (differointi-fokusointi). Kummatkin yritykset ovat havainneet ruuvimeisselin kuluttajien keskuudessa segmentit, joille heidän suunnittelemansa tuotteet käyvät parhaiten kaupaksi. Asiakkaalla on ongelma, tuottajalla on ratkaisu.

2.2.3 SWOT

Nelikenttäänalyysi eli SWOT on yksinkertainen yrityksen analysointimenetelmä. Tämän analyysin auttaa selvittämään kohdeyrityksen vahvuudet (strengths) ja heikkoudet (weaknesses) sekä tulevaisuudessa edessä olevat todennäköisimmät mahdollisuudet (opportunities) ja uhat (threats). Nelikenttärudukon rehellisen täyttämisen avulla yritys pystyy vaivattomasti ja yksinkertaisesti arvioimaan objektiivisesti omaa liiketoimintaansa ja kartoittamaan liiketoimintansa osa-alueita, joihin vaikuttamalla sen liiketoiminta kokee tavoitellun positiivisen muutoksen. (Engblom, Krappe, Suominen 1998.)

Yrityksen vahvuuksia ovat ne toimenpiteet tai resurssit, joista yritykselle on sen liiketoiminnan kannalta hyötyä. Heikkouksia ovat tekijät, joita parantamalla yritys pystyy toimimaan tulevaisuudessa tehokkaammin. Yrityksen kannalta oleellisinta on kuitenkin tulevaisuus. Mikäli yritys osaa nähdä tulevaisuutensa mahdollisuudet ja toisaalta uhat, on sen helpompi valmistautua tulevaan ja tehdä mahdollisesti tarvittavat muutokset, että se säilyisi kilpailukykyisenä ja mahdollisesti jopa parantaisi asemaansa menneisyyteen nähden. (Engblom, Krappe, Suominen 1998.)

SWOT sopii yksinkertaisuutensa vuoksi käytettäväksi kaikenlaisissa yrityksissä ja organisaatioissa ja sen ylläpitäminen on suhteellisen helppoa. Nelikenttäanalyysi voi koskea koko yritystä tai jokaista sen yksittäistä osaa erikseen. Parhaassa tapauksessa jokaisesta työntekijästä on tehty nelikenttäanalyysi ja työntekijä on sitoutunut kehittämään itseään edelleen paremmaksi työntekijäksi (vrt. työpaikkojen kehityskeskustelut). (Engblom, Krappe, Suominen 1998.)

2.3 Markkinointistrategia ja B2B-markkinointi

Markkinointistrategia on ohjelma, jonka päämääränä on tuottaa lisäarvoa yritykselle, yrityksen asiakkaille ja sidosryhmille. Markkinointistrategian kokonaisuuden muodostavat yrityksen tavoitteet, toimenpidesuunnitelmat, toteutus ja onnistumiset. Huomioitavaa on, että yksi markkinointistrategia saattaa toimia Thaimaassa, mutta ei Suomessa. Siksi yhdellä yrityksellä voi olla useita eri markkinointistrategioita yhden tuotteen/palvelun markkinointia varten. Markkinointistrategian tehtävänä on osoittaa keinot, miten markkinoinnille asetetut tehtävät ja tavoitteet toteutetaan (Tikkanen 2005: 170 - 171.).

Markkinointistrategiat voidaan jakaa kahteen eri vaihtoehtoon. Ensimmäisessä vaihtoehdossa yritys asettaa strategiansa raameiksi vallitsevat markkinaolosuhteet ja pyrkii kehittämään tuotetta tai palvelua näiden raamien asettamien ehtojen mukaisesti, toisin sanoen markkinat asettavat ehdot lopputulokselle (vrt. pop-musiikki). Toinen vaihtoehto on, että yritys ei aseta tuotteelleen/palvelulleen minkäänlaisia raameja ja se antaa markkinoiden päättää, onko sen tuottama tuote tai palvelu kilpailukykyinen. Huomioitavaa on, että menestyvältä yritykseltä

vaaditaan lähes poikkeuksetta molempien vaihtoehtojen soveltamista omaan markkinointistrategiaansa. (Anttila ja Iltanen 2001: 369.)

Esimerkkinä edellä mainittuun voidaan mainita perussuomalaisten menestys Suomen vuoden 2011 eduskuntavaaleissa. Puolue kehitti idean ja antoi markkinoiden eli äänestäjien päättää onko sen tuottama idea kilpailukykyinen. Raamit oli asetettu siten, että puolueen idean saisi ostaa äänestyskopista, missä myös kilpailijat saavat kaupata omaa ideologiaansa.

Strateginen markkinointi on kriittisessä asemassa yrityksen menestymistä ajatellen ja tämä onkin syynä miksi markkinoiden tulisi olla ohjaavassa asemassa yrityksen toiminnassa. Hyvin toimiva yritys osaa adaptoitua nopealla aikataululla markkinoilla tapahtuneisiin muutoksiin ja muuntaa markkinointistrategiaansa muutoksiin sopivaksi. Tämä tarkoittaa, että jos ensimmäisessä tapahtuu muutos, niin on jälkimmäisen reagoitava. Esimerkkinä asiakassegmentti – asiakasfunktiot, asiakkaiden tarpeet – asiakasryhmät (Anttila ja Iltanen 2001: 369.)

Vastaparit ovat suorassa vaikutussuhteessa toisiinsa. Mikäli markkinoiden rajapinnoissa tapahtuu muutoksia, on niillä suora vaikutus yrityksen markkinointistrategian toimivuuteen. Yrityksen on omien resurssien rajoissa tehtävä päätös siitä, kuinka paljon markkinoiden pitää muuttua, ennen kuin se kalibroi markkinointistrategiansa ja sitä kautta tuotteensa sekä palvelunsa kohtaamaan vallitsevat markkinaolosuhteet

Doyle (1994: 380–384) pohtii, että mitä paremmin markkinointistrategia adaptoituu vallitseviin markkinaolosuhteisiin, sitä paremmin se menestyy. Mikäli yrityksen strategiat ovat jäykkiä ja sopeutuvat hitaasti tapahtuneisiin muutoksiin, niin on vaarana, että strategiassa tapahtuneen muutokseen jälkeen markkinoilla on ehtinyt tapahtua jo uusia muutoksia. Esimerkiksi matkapuhelinten käyttäjät odottavat kokoajan uusia ja innovatiivisempia ideoita ja tuotteita markkinoille, jotka kohtaavat heidän tarpeensa parhaiten ja joihin tarpeisiin yritysten on vastattava mahdollisimman nopeasti. Haasteensa asettavat lisäksi muun muassa teknologian kehittyminen, markkinoiden globalisoituminen, lainsäädäntö ja jatkuvasti ympäristöystävällisimmiksi muuttuvat standardit.

Yrityksen toiminta perustuu joko vaihto- tai suhdemarkkinointiin ja se on vaikuttava tekijä markkinointistrategian muotoutumisessa. Suhdemarkkinointi on toimintaa, jossa asiakassuhteet ovat pitkiä ja niistä on pidettävä huolta. Vaihtomarkkinoinnissa puolestaan asiakkaat ostavat tuotteen ja sen jälkeen asiakassuhde on käytännössä ohi. Asiakassuhde on toki olemassa tuotteen oston jälkeenkin, mutta sen status on passiivinen. Usein yritykset hyödyntävät kumpaakin osa-aluetta siten, että tämä yhdistelmä synkronoituu markkinointistrategiaan. (Grönroos 2009: 342 - 343.)

Taulukko 1. Markkinointistrategian jatkumo (Grönroos 2009: 343).

Strategiajatkumo	Vaihtomarkkinointi	Suhdemarkkinointi
Analysointiyksikkö	Yksittäinen vaihto	Asiakassuhde
Aikajänne	Lyhyt aikaväli	Pitkä aikaväli
Tärkein markkinointimuoto	Perinteinen markkinointimix etusijalla	Vuorovaikutteinen markkinointi etusijalla
Hintajoustavuus	Kuluttajat ovat hyvin hintatietoisia	Kuluttajat eivät ole hintatietoisia
Tärkein laadun ulottuvuus	Tulokseen liittyvä tekninen ulottuvuus	Prosessiin liittyvä toiminnallinen ulottuvuus
Asiakastyytyväisyyden mitta	Markkinaosuuden seuranta (välillinen lähestymistapa)	Asiakaskannan hallinta (välitön lähestymistapa)
Asiakastietojärjestelmä	Satunnaisia asiakastyytyväisyys-tutkimuksia	Tosiaikainen asiakaspalaute-järjestelmä
Markkinoinnin j muiden toimintojen välinen riippuvuus	Rajallinen tai olematon: Ei olennaista strategista merkitystä	Olennainen: Strategisesti merkittävä
Sisäisen markkinoinnin asema	Ei suurta merkitystä menestyksen kannalta	Tärkeä strateginen merkitys

”Tuotantohyödykkeiden markkinointi on business to business -markkinointia, jonka yritys suuntaa asiakasyrityksilleen edistääkseen tuotteittensa tai palvelujensa myyntiä.” (Siukosaari 1999: 242.)

Tuotantohyödykkeet ovat hyödykkeitä, joita yritys myy toisille yrityksille. Tuotantohyödykemarkkinoinnissa markkinoinnin kohteena olevat organisaatiot ovat joko kaupallisia, julkisia tai aatteellisia organisaatioita (Bergström & Leppänen 2008: 70–71). Ostopäätökseen vaikuttavat organisaation toimintatarpeet. Tuotantohyödykkeen tehtävä on edesauttaa ostajan liiketoimintaa. (Isohookana 2007: 81.)

Tuotantohyödykemarkkinoinnissa on myyjäosapuolen tärkeää tulla tunnetuksi omassa asiakassegmentissään. Suurin osa B2B-kaupoista saa alkunsa, kun ostaja ottaa yhteyttä myyjään. Siukosaari (1999: 243) tiivistää tämän ajatuksen toteamalla: ”Tuotantohyödykkeitä ei myydä, ne ostetaan.” Mahdolliset ostajat on saatava houkuteltua myyjän luo käyttämällä Porterin kolmea yleisstrategillista keinoa erottua (kts. luku 2.2.2). Lisäksi on pystyttävä ylläpitämään asiakassuhteita, sillä business-to-business-markkinointi on ensisijaisesti suhdemarkkinointia (kts. Taulukko 1).

Tuotantohyödykkeitä voivat olla esimerkiksi lopullisessa tuotteessa käytettävä materiaali, tuotantoa helpottavat, lisälaitteet tai tietokoneet. Useat tuotantohyödykkeet ovat myös tavallisten kuluttajien saatavilla. Sen vuoksi ostajan status määrittelee sen, onko kyse tuotantohyödykkeistä vai ei. (Rope 2004: 11–12.)

2.4 Liiketoiminnan mittarit ja yhteiskuntavastuu

Yritysten yhteiskuntavastuu termiä käytetään paljon ja sille onkin syntynyt monenlaisia tulkintoja. Yrityksen rinnastaminen yksilöön sekä yrityksen käyttäytyminen ympäristöä ja sidosryhmiä kohtaan helpottavat yritysvastuun ymmärtämistä. Yritysten yhteiskuntavastuusta keskusteleminen kertoo yritysten yhteiskunnallisen aseman muutoksesta. Suuryritykset ovat merkittäviä yhteiskunnallisia toimijoita ja niiden toiminta ei voi olla täysin itsekästä. (Juholin 2004: 13.)

Yrityksen yhteiskuntavastuu perustuu kolmoistilinpäätöksen periaatteeseen, joka puolestaan juontaa juurensa englanninkielisestä termistä ”triple bottom line”.

Kolmoistilinpäätöksessä vaikuttavana tekijänä on yrityksen toimiminen taloudellisesti terveellä pohjalla (syy) ja se vaikuttaa yrityksen tulokseen ja toiminnan jatkuvuuteen (seuraus). Tämä antaa resurssit yritykselle minimoida ympäristöhaitat ja sitä kautta sen on helpompi vastata sidosryhmien odotuksiin. Neljäntenä, jokeri-pilarina voidaan pitää yrityksen kulttuurivastuuta, jossa yritys oma-aloitteisesti tekee sellaista, mitä sen ei ole velvoitettu tekemään (esim. urheiluseuran sponsorointi). Kulttuurisen vastuun kautta yritykset hyvin usein pyrkivät rakentamaan imagoaan ja tämä kuuluu oleellisena osana markkinointistrategiaan. (Juholin 2004: 14.)

Länsimaisille yrityksille taloudellinen vastuu on lähtökohtaisesti selvä asia, ellei toisin mainita. (Ketola 2005: 32–33.) Tämä näkyy myös länsimaaisessa lainsäädännössä, jonka mukaan voittoa tuottamaton liiketoiminta ei voi jatkaa toimintaansa loputtomiin asti ja seurauksena kannattomasta liiketoiminnasta on konkurssi.

Ketolan (2005: 32–33) mukaan taloudellisen vastuun myötä monet yritykset joutuvat kiusallisen tilanteen eteen. Ne eivät voi tavoitella voittoa ja pääoman kasvua hinnalla millä hyvänsä vaan kasvulle on asetettava suunnitelmat kuinka yritys kasvaa taloudellisesti pitkällä aikavälillä. Tämän paineen aiheuttavat taloudelliset sidosryhmät, joilla on yleensä omat rahat jollakin tavalla mukana yrityksen toiminnassa ja he haluavat, että heidän rahansa ovat turvassa yrityksessä ja kasvavat korkoa suunnitellusti.

Päätöksenteon näkökulmasta taloudelliset mittarit antavat harhaanjohtavaa tietoa. Taloudelliset mittarit osoittavat ainoastaan jo tapahtuneiden toimintojen tuloksia. Mikäli yritys luottaa päätöksissään ainoastaan taloudellisiin mittareihin, niin voidaan helpolla päätyä toimenpiteisiin, jotka ovat vastoin yrityksen strategisia toimenpiteitä.

Liiketoiminnan ydin on tehdä voittoa. Yhdistyksiä ja järjestöjä lukuunottamatta yrityksen on tehtävä voittoa säilyäkseen elossa. Kärjistäen voidaan sanoa, että yritys on juuri niin hyvä kuin sen viimeisin tulos yhdistettynä tulevaisuuden näkymiin.

Mikäli virhe tapahtuu ja yritys keskittyy ainoastaan rahallisiin mittareihin, pitkällä aikavälillä näkymättömien mittarien (esim. asiakastyytyväisyys, joustavuus, osaamistason nostaminen) tulos tulee laskemaan ja se puolestaan tulee näkymään yrityksen tulevaisuuden näkymissä ja loppujen lopuksi myös tuloksessa (vrt. Nokia 2005–2011). Taloudelliset mittarit rohkaisevatkin lyhytnäköiseen ajatteluun ja osaoptimointiin, maalaistermein ahneuteen. Taloudellinen valvonta ehkäisee pitkäjänteistä ajattelua, mikä voi näkyä mm. henkilöstön koulutuksen vähentämisenä tai investointihankkeiden lykkäämisenä. Toisaalta on muistettava, että vaikeassa taloustilanteessa yrityksen on priorisoitava toimintojaan ja karsittava vähiten tuottavia toimintoja (vrt. Euroopan finanssikriisi—Suomen tuottavuusohjelma).

Esimerkiksi julkisten osakeyhtiöiden kvartaalikohtaisia tulokatsauksia tarkasteltaessa voi huomata, että kaikki julkaistut mittarit ja niiden tulokset kertovat yhtiön tuloksen kehittymisestä ja eri osa-alueista miten rahaa käytetään ja miten se kulkee yrityksessä. On tärkeää muistaa, että osavuositarkastukset ovat sijoittajia, ei työntekijöitä varten. Yhtiön tulevaisuuden kannalta onkin tärkeää pystyä osoittamaan työntekijöille yhteys heidän työnsä ja hyvien tulosten välillä.

Yrityksen kehittymisen tueksi on tarjolla erilaisia laatustandardeja ja laadunkehittämisohjelmia, joita apunaan käyttäen yritys voi saada lisäarvoa liiketoiminnalleen.

2.4.1 BSC

Yksi vaihtoehto yrityksen toiminnan tasapuoliseen kehittämiseen voisi olla Balanced Scoreboard (BSC). Tasapainotetun mittariston avulla organisaation toiminta-ajatus, visio ja strategia voidaan yhdistää toimintaa ohjaavien mittareiden kokonaisuuteen. Mittaristolla tähdätään organisaation suorituskyvyn parantamiseen ja strategian toiminnallisuuden, tavoitteellisuuden ja mitattavuuden varmistamiseen. Mittaristoa ei ole suunniteltu kontrollin, vaan ensisijaisesti yhteistyön, kommunikoinnin informoimisen ja kehittämisen välineeksi. Perusmallin neljä näkökulmaa ovat: taloudellinen näkökulma, asiakasnäkökulma,

prosessinäkökulma ja oppimisen ja kasvun näkökulma. (Jänkälä & Mansikka, 2010: 24.)

Taloudellinen näkökulma:

Jotta onnistumme taloudellisesti, miltä meidän tulee näyttää omistajiemme silmissä? Minkälaisia odotuksia omistajilla on organisaation kasvu- ja kannattavuusvaatimusten muodossa? Miten taloudellisesti resursseja käytetään? (Opetushallitus, 2010.)

Asiakasnäkökulma:

Jotta saavutamme visiomme, miltä meidän on näytettävä asiakkaiden mielestä? Mitä asiakkaiden tarpeita tyydytetään ja miksi asiakkaat ovat valmiita maksamaan siitä? Sisäiset prosessit ja kehitystyö tulisi kohdistaa tähän näkökulmaan, joka on koko mittariston ydin. (Opetushallitus, 2010.)

Prosessinäkökulma:

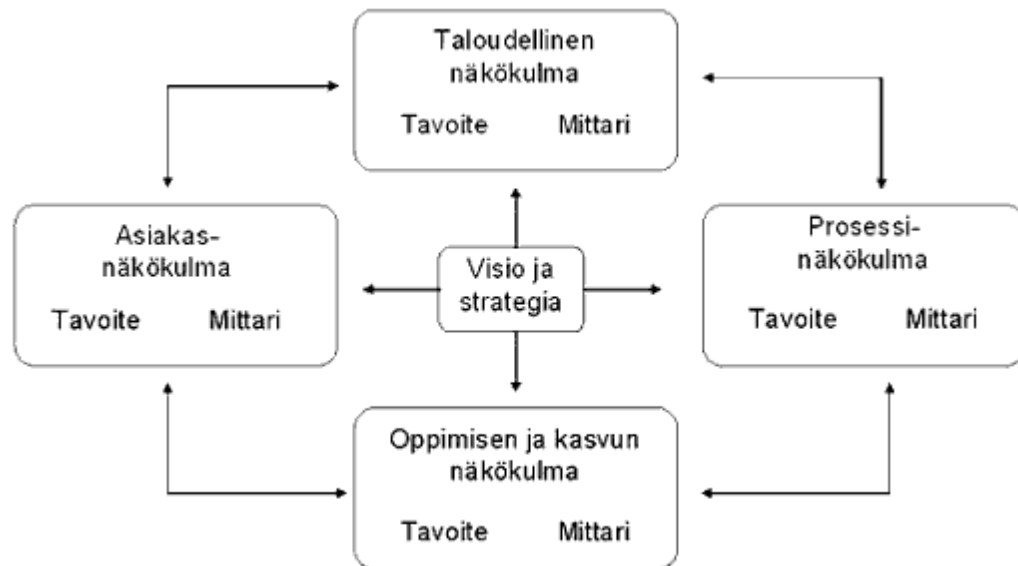
Millä prosesseilla saadaan tuotetuksi asiakkaiden tarpeiden mukaista arvoa niin, että omistajienkin odotukset täyttyvät? Jotta omistajamme ja asiakkaamme olisivat meihin tyytyväisiä, missä sisäisissä prosesseissa meidän on erityisesti onnistuttava? (Opetushallitus, 2010.)

Oppimisen ja kasvun näkökulma:

Jotta saavutamme visiomme, miten säilytämme kykymme muuttua ja kehittyä? Mitä edellytetään organisaatiolta tarvittavan osaamisen säilyttämiseksi ja kehittämiseksi? Mitä edellytetään organisaatiolta prosessien tehokkuuden ja tuottavuuden turvaamiseksi? Mitkä ydinosoamisen alueet aiotaan ottaa kehittämisen kohteiksi ja toiminnan kannalta kriittisiksi kysymyksiksi? (Opetushallitus, 2010.)

Näkökulmat voivat vaihdella eri organisaatioissa strategisten painotusten ja toiminnan suuntaviivojen mukaan. Valittujen näkökulmien tulee kuvastaa niitä

toiminnan alueita, joihin halutaan kiinnittää erityistä huomiota. (Verkkopetuksen laadunhallinta ja laatu palvelu 2010.)



Kuvio 4. Tasapainotettu mittaristo (Kaplan & Norton 1996).

2.4.2 ISO 9001

ISO 9001 -standardi esittelee vaatimukset yleisellä tasolla. Tämä antaa jokaiselle yritykselle joustovaran soveltaa vaatimuksia omalle alalle sopiviksi. Organisaation koosta riippumatta on pystyttävä osoittamaan, että jokainen työntekijä sitoutuu yhteisen päätöksen myötä laatuajatteluun. Suurissa yrityksissä tämä vaatii kehittyneitä sisäisiä viestintäkeinoja, niin ylhäältä alhaalle kuin alhaalta ylös. Pienissä yrityksissä lautupäätöksistä on helpompi päättää ja pitää tehdyistä päätöksistä kiinni. (Kemppainen 2010.)

Laadunhallintajärjestelmää luodessa käydään läpi kolmivaiheinen prosessi, johon kuuluvat järjestelmän luonti, dokumentointi ja toteutus. Luotua laadunhallintajärjestelmää on jatkuvasti pidettävä yllä ja seurata sen noudattamista sekä löytää mahdollisuuksia kehittää sitä edelleen. Järjestelmää kehitettäessä joudutaan edellä mainittu kolmivaiheisen prosessin kahta viimeistä vaihetta

käymään läpi uudestaan ja uudestaan. Kun yrityksen prioriteetit on määritetty selkeästi, voidaan niitä tarkastella helposti ja tarvittaessa myös muuttaa helposti organisaation toiminnan parantamiseksi. Hyvä laadunhallintajärjestelmä on joustava ja mukautuu nopeisiin muutoksiin. (Kemppainen 2010.)

Tärkeintä laadunhallintajärjestelmässä on luoda luotettavat ja yksinkertaiset mittarit, joiden tulosten avulla kyetään havainnoimaan mahdolliset ongelmakohdat. Mikäli toiminnassa on ongelmia, mutta niitä ei kyetä pukemaan luettavaan muotoon, ei voida tietää mikä on ongelma ja mistä se johtuu. (Kemppainen 2010.)

3 TUULIVOIMA

Tässä luvussa käsitellään tuulen syntyä, sen ominaisuuksia ja hyödynnettävyyttä. On tärkeää tunnistaa tuulivoiman potentiaali ja tuntea tekijät, jotka vaikuttavat tuulen syntyyn ja sitä kautta mittaustuloksiin.

3.1 Tuuli ja sen syntyminen

Vuorovettä ja maalämpöä lukuun ottamatta, kaikki uusiutuvat luonnonvarat ovat peräisin auringon tuottamasta energiasta. Fossiilistenkin polttoaineiden voi laskea viime kädessä saavan alkunsa auringon tuottamasta energiasta. Tehoa auringon säteilyllä ilmakehän ulkopinnalla on noin 1370W/m². (Haapanen, Holttinen, Holttinen, Laakso, Paakkari, Malmgren, Tammelin 2009.)

Lähestulkoon puolet auringon tuottamasta energiasta sitoutuu lämpönä maan pintaan ja vesiin, joista lämpö heijastuu pitkäaaltoisena lämpösäteilynä takaisin avaruuteen. Auringon tuottaman lämpöenergian määrä maanpinnalla saadaan, kun lasketaan auringon etäisyys tiettyyn pisteeseen suhteessa aikaan, jolloin aurinko paistaa samaan tiettyyn pisteeseen. (Haapanen ym. 2009.)

Toiset noin viisikymmentä prosenttia aurinkoenergiasta kuluu niin sanotun hydrologisen kierron ylläpitämiseen. Osa tästä kierrosta hyödynnetään muun muassa vesivoimana. Esimerkiksi norjalaiset ovat onnistuneet hyödyntämään energiantuotannossaan täydellisesti hydrologisen kierron. Norjassa haihtunut vesi sataa talvella lumena Norjan vuoristoihin. Lumi ja jää sulavat vedeksi auringon alkaessa paistamaan ja lämpötilan muuttuessa plussan puolelle Celsius-asteikolla. Lumi ja jää muuttuvat vedeksi ja virtaava vesi hyödynnetään vesivoimaloiden kautta energiantuotannossa. Norjalaiset tuottavatkin lähes sataprosenttisesti energiansa vesivoimalla.

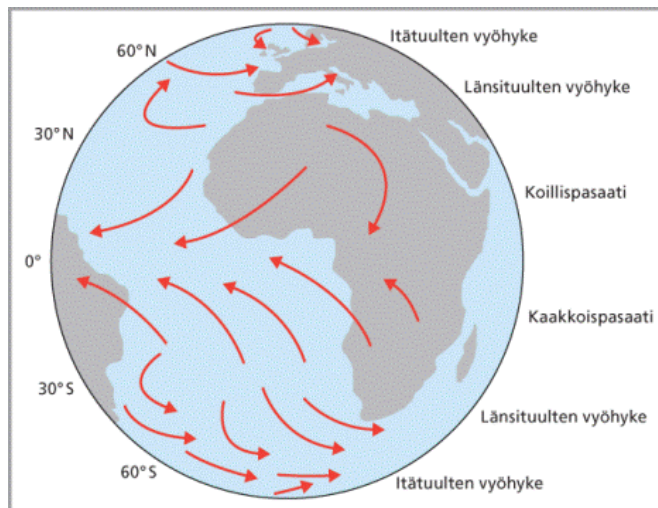
Kokonaisuudessaan noin kahdesta kolmeen prosenttia auringosta ilmakehään saapuvasta energiasta muuntautuu liike-energiaksi eli tuuleksi. Kaikkiaan tuulten vuosittain tuottama energiamäärä on noin neljäkymmentä kertainen verrattuna tähänhetkiseen energiankulutukseen maailmassa. (Haapanen ym. 2009.)

Siitä kuinka tuulta hyödynnetään energiantuotannossa, kerrotaan lisää tämän luvun alaluvuissa.

Ilmakehässä tuuli on maanpinnan suuntaisesti liikkuva ilmavirtaus. Maapallon epätasainen lämpeneminen ja jäähtyminen ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat tuulten syntymiseen. Auringosta tuleva lämpösäteily vaimenee saapuessaan ilmakehään. Napa-alueille lämpösäteily joutuu kulkemaan pidemmän matkan kuin päiväntasaajalle. Tämä johtaa siihen, että säteily vaimenee sitä enemmän, mitä lähemmäksi napa-aluetta tullaan. Tilannetta voidaan verrata ritsalla ampumiseen. Jos ritsalla ampuu kuminpalan metrin päästä, se ottaa kipeää. Jos taas ammutaan kymmenen metrin päähän, kohde tuskin enää huomaa osumaa. Teho katoaa matkan aikana. (Haapanen ym. 2009.)

”Suomessa maan pinnalle vaakasuoralle pinnalle tulevan auringonsäteilyn keskimääräinen teho on tammikuussa etelärannikolla runsaat 12 W/m² ja Lapissa alle 2 W/m². Heinäkuussa auringonsäteilyn keskimääräinen teho on vastaavasti heinäkuussa runsaat 230 W/m² etelärannikolla ja 190 - 200 W/m² Lapissa.” (Haapanen ym. 2009.)

Huomioitavaa on myös se, että aurinko lämmittää maanpintaa eri leveysasteilla eri tavoin. Maapallon muoto sekä auringon ja maapallon keskinäinen sijainti ovat tunnetusti syitä siihen, että päiväntasaajan ympärillä olevat alueet saavat paljon napa-alueita enemmän auringon säteilyä. Epätasainen lämpeneminen on syynä siihen, että maapallo toimii lämpöpumpun tavoin eli se siirtää viileää ilmaa napa-alueilta päiväntasaaja kohti ja vaihdossa takaisin lämmintä ilmaa. (Haapanen ym. 2009.)



Kuva 1. Planetaarinen tuulijärjestelmä.

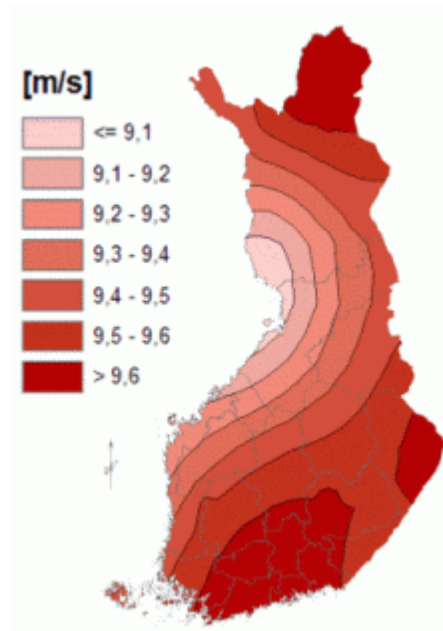
Suomessa yleisten säteilyyn vaikuttavien tekijöiden lisäksi on myös paikallisia tekijöitä, jotka vaikuttavat säteilyn määrään ja näin ollen myös alueen tuulisuuteen. Korkeilla leveysasteilla vuodenajalla on huomattavan suuri vaikutus maanpinnalle tulevan säteilyn määrään (talvipäivänseisaus-kesäpäivänseisaus). Merkittävästi säteilyn määrään vaikuttaa myös pilvisuus. (Haapanen ym. 2009.)

Paikallisella tasolla tuulen ja alueen tuulisuuteen vaikuttavat lisäksi suuret säähäiriöt (esim. matalapaineet, maa – meri lämpötilavaihtelut), lämpötila ja sen vaihtelut, maasto, maastonmuodot ja maaston peitteisyys (Haapanen ym. 2009.)

Suomen pohjoinen sijainti Euraasian mantereen rannikkoilmastovyöhykkeessä on ilmastomme merkittävin vaikuttaja. Eritoten Golfvirran vaikutus Suomen, ja koko Skandinavian, keskilämpötilaan on useita asteita lämpimämpi kuin esimerkiksi Euraasiassa Siperiassa, Grönlannissa tai Pohjois-Amerikassa Suomen kanssa samoilla leveysasteilla sijaitsevilla alueilla. (Haapanen ym. 2009.)

Meidän leveysasteemme kuuluvat maapallon lämpötilajakauman synnyttämään länsituulten vyöhykkeeseen. Suomi (59°48'N - 70° 05'N) kuuluu leveysasteiden piiriin, joka on osa maapallon lämpötilajakauman synnyttämää länsituulten vyöhykettä. Tämän lisäksi Suomen sää- ja tuulioloihin merkittävästi vaikuttavia

tekijöitä ovat lännestä käsin Atlantin valtameri ja idässä päin laaja manneralue. (Haapanen ym. 2009.)



Kuva 2. Keskimääräinen tuulennopeus n. 1,5 km korkeudella Suomessa vuosina 1958–2001 (m/s).

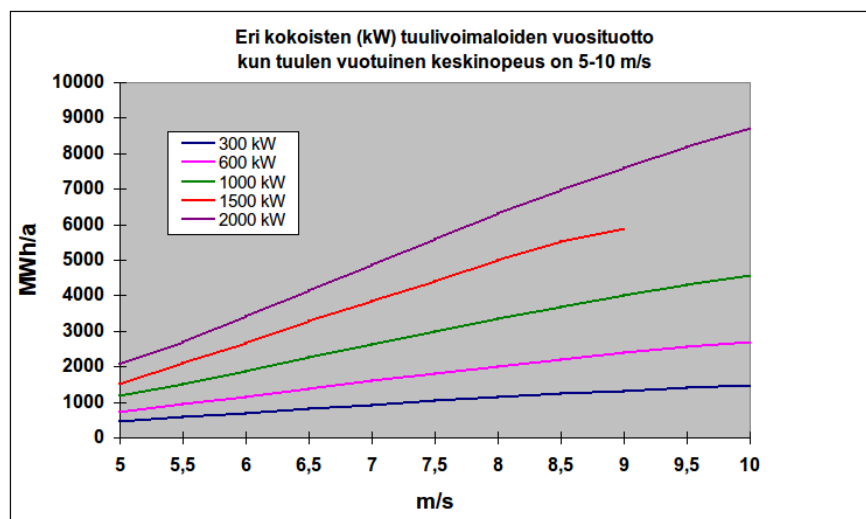
3.2 Tuulivoimatuotanto

Tuulivoimalan tuottamaan energiaan vaikuttavat tuulivoimalan lapojen pyyhkäisypinta-alalla vallitseva tuulen nopeus ja nopeuden jakauma. Tuulen keskimääräinen nopeus vuodessa onkin merkittävin ja painavin syy, joka vaikuttaa voimalan sijoittamiseen. Tuulivoimala tulee sijoittaa mahdollisimman tuuliseen kohtaan. (Haapanen ym. 2009.)

Keskimäärin tuulen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä tuulivoimaloiden kannalta merkittävässä korkeuksissa, eli voimalan tornin korkeutta lisäämällä päästään suurempiin tuulen nopeuksiin. Lisäksi kovat tuulenpuuskat tuottavat suhteessa enemmän energiaa kuin tasainen tuuli. Eli jos keskimääräinen tuulennopeus on vuodessa 5 m/s ja vaihteluväli 0,5 m/s–15 m/s, on se tuottavampi tuuliolosuhde

tuulivoimalalle kuin keskimääräinen tuulennopeus 5m/s ja vaihteluväli 2m/s-10m/s. (Haapanen ym. 2009.)

Tuulivoimalan tuoton arviointiin käytetään yleensä tuulivoimalan napakorkeudella vallitsevia tuuliolosuhteita. Lapojen pyyhkäisyalalla tuulen nopeuden vertikaalisen muutoksen oletetaan noudattavan logaritmista tuuliprofiilia, mikä ei todellisuudessa kaikissa tilanteissa kuitenkaan pidä paikkaansa. (Haapanen ym. 2009.)



Kuvio 5. 3-lapaisten tuulivoimaloiden vuotuista energiantuotantoa (MWh/vuodessa). (Haapanen ym. 2009).

”Kaavasta voidaan todeta, että suuret voimalat nelinkertaistavat tuotantonsa (MWh/h) tällä nopeusalueella, kun tuulen keskinopeus kasvaa kaksinkertaiseksi. Kun keskinopeus nousee suureksi kasvaa myös ylisuurten tuulennopeuksien (> 25 m/s) todennäköisyys, jolloin voimalan seisonta-aika vastaavasti kasvaa. Isojen voimaloiden tyypillinen toiminta-alue on tuulen nopeuksilla 5-25 m/s. Sitä heikommilla ja kovemmilla tuulilla voimalat eivät tuota energiaa.” (Haapanen ym. 2009.)

Tuulienergian kaupallinen, laajamittainen hyödyntäminen tapahtuu tuulipuistoissa, joissa jopa kymmeniä tai satoja tuulivoimaloita on pystytetty yhdelle suppealle alueelle. Tuulipuistoissa tuulivoimalat on pystytettävä viiden-seitsenkertaisen

roottorin halkaisijan matkan päähän toisistaan. Tuulivoimalat aiheuttavat häiriön ilman virtaukseen, ja jos tuulivoimalat ovat lähellä toisiaan, alueen tuulioloista ei saada parasta mahdollista tehoa irti. (kts. Haapanen ym. 2009.)



Kuva 3. Esimerkki tuulipuistosta (Kukko 2009).

”Jos 2 MW tuulivoiman roottorin halkaisija olisi 80 m, olisi voimaloiden välimatkan tuulipuistossa oltava vähintään 400 – 500 m. Rakennettaessa suuri tuulipuisto voidaan neliökilometriä kohti rakentaa tällöin 8 – 12,5 MW tuulivoimaa. Pienemmissä tuulipuistoissa päästään 15 – 20 MW/km² tehotiheyteen.” (Haapanen ym. 2009.)

3.3 Tuulivoiman vaikutukset

Tuulivoima on uusiutuva energialähde ja sen hiilidioksidipäästöt ovat noin 10g/kWh. Nämä päästöt johtuvat pääosin tuulivoimalan kuljettamiseen, rakentamiseen ja huoltoon liittyvistä toimenpiteistä. Suurin tuulivoiman positiivinen ympäristövaikutus onkin sen vähäiset hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöt. Globaalilla tasolla näiden päästöjen väheneminen riippuu siitä, mitä nykyisiä

selvästi ympäristölle raskaampia sähköntuotantomuotoja tuulivoimalla korvataan. Jos tuulivoimalla korvattaisiin hiililauhdevoimaloiden sähköntuotanto, niin hiilidioksidipäästöjen vähennys olisi luokkaa 800–900 gCO₂/kWh. (Haapanen ym. 2009.)

Negatiiviset ympäristövaikutukset koostuvat monista eri tekijöistä ja niiden suuruus vaihtelee riippuen sijoituspaikan olosuhteista, sen aikaisemmista käyttömuodoista, hankeen koosta ja sen toteutustavasta. Esimerkiksi teollisuusalueelle rakentaminen ei rasita alueen ympäristöä suhteessa lähellekään yhtä paljon kuin rakennettaessa koskemattomille luontoalueille. Siksi kaikista herkimmille alueille tulisikin välttää. (Haapanen ym. 2009.)

Negatiivisia vaikutuksia ympäristölle voidaan huomattavasti vähentää sijoittamalla tuulivoimalat ympäristölle sopivalla tavalla. Suomen luonnonsuojeluliitto myöntää ekoenergia-merkkejä muun muassa tuulivoimalle. Mikäli tuulivoimalaa ei perusteta luonnonsuojelualueelle, valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille, kulttuuriperintöalueille tai kansainvälisesti ja valtakunnallisesti tärkeille lintualueille, on se ansainnut ekoenergia-merkin, joka puolestaan tuo lisäarvoa projektille. (Haapanen ym. 2009.)

3.4 Taloudellisuus

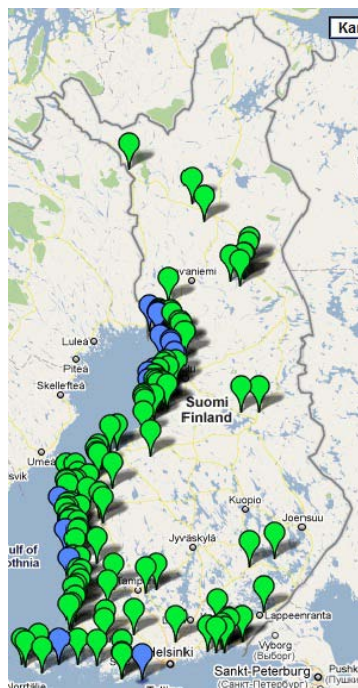
Sähkömarkkinoilla tapahtunut murros, jossa sähkömarkkinat vapautettiin, on johtanut siihen, että nyt sähköllä tehdään rahaa, ei sähköä. Sähköntuotantoa ohjaa nykyään siis sama kuin kaikkia muitakin vapaita markkinoita, sijoittajat. Nykyään oman pääoman tuoton (ROE) odotetaan olevan 5-10 %, sen ollessa ennen 4-6 %. Lisäksi sähköntuotannon tuotto-odotukset laskettiin koko voimalan ennakoidulle eliniälle, kun nykyään voimalan olisi maksettava itsensä takaisin noin kahdessatoista vuodessa. (kts. Haapanen ym. 2009.)

Uusiutuvat energialähteiden voidaan katsoa kärsineen tästä muutoksesta, sillä nämä energiamuodot vaativat suhteellisesti isompia investointeja. Suomessa kuitenkin on valtiovallan taholta päätetty tukea tuulivoimaa siten, että

tuulivoimalle luvattu syöttötariffi takaa tuottajalle 83,5 euroa per tuotettu MWh. Syöttötariffin avulla tuulivoimalla tuotettua sähköä voidaan myydä eteenpäin kilpailukykyiselle hinnalla ja valtio korvaa 83,5 euron ja myydyn MWh-hinnan välisen erotuksen. Tällä tavalla tuetaan tuulivoiman rakentamista ja pyritään edesauttamaan tavoitetta saavuttaa 2500MW tuulivoimaa Suomessa vuonna 2020.

3.5 Tuulivoimalaitokset Suomessa

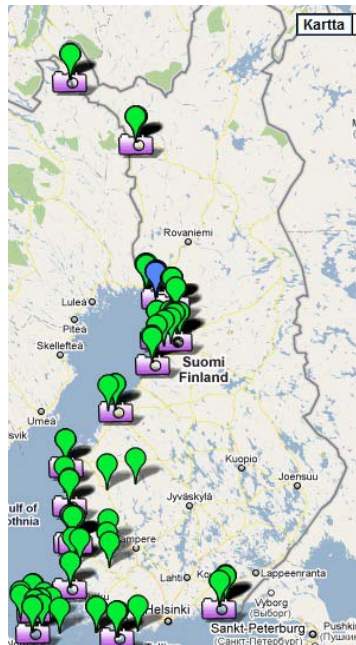
Vuoden 2010 lopussa (Kuva 1) Suomessa oli 130 voimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on 197 megawattia. Tammikuun 2011 loppuun mennessä (Kuva 2) Suomessa oli julkaistu tuulivoimahankkeita noin 6 000 megawatin (MW) edestä. Merelle suunniteltujen hankkeiden osuus on 3 000 megawattia.



Kuva 4. Suunnitellut tuulivoimahankkeet Suomessa vuoteen 2020 mennessä.

Suomalaisen tuulivoimatuotannon tuotantokapasiteetti tulee 30-kertaistumaan seuraavan kymmenen vuoden aikana, mikäli kaikki suunnitellut hankkeet

toteutuvat. Jos hankkeita toteutuu tavoitellun 2500 megawatin edestä, silloin suomalainen tuulivoimatuotanto 12-kertaistuu tulevan kymmenen vuoden aikana.



Kuva 5. Tuulivoimalat Suomessa tammikuun 2011 loppuun mennessä.

3.6 Tuulimittaus

3.6.1 Miksi tuulta mitataan

Tuulimittauksilla on saatava riittävästi informaatiota, jotta voidaan perustellusti aloittaa suunniteltu tuulivoimala-projekti tai vastakohtaisesti hylätä suunniteltu paikka heikkojen tuuliolojen vuoksi. Tuulivoimalaa perustettaessa on tärkeää selvittää, millaisia voimia tuulivoimalaan tulisi kohdistumaan suunnitellulla paikalla, jotta voidaan laskea pystyykö tuulivoimala tuottamaan sille suunnitellun määrän energiaa käyttäjilleen. (Haapanen 2010a.)

Tuulta mitattaessa on huomioitava, että kolmen megawatin tuulivoimaloiden lapojen pyörimisalueen halkaisija on yli 100 metriä. Pyörimisalueen yläosassa lapoihin kohdistuu selvästi isommat voimat kuin pyörimisalueen alaosassa.

Energiatuotannossa tämä tarkoittaa, että siellä missä on iso voima, on myös iso tuotto. (Haapanen 2010b.)

Tuulta mitattaessa täytyykin kiinnittää huomiota, ei ainoastaan voimalan napaan kohdistuviin voimiin, vaan koko pyörimisalueelle kohdistuviin voimiin. Kuviosta 5 näkeekin, että tuulivoimalan tuottavuus nousee eksponentiaalisesti tuulen voiman nousuun nähden. Tuulimittauksen avulla selvitetään siis tuulivoimalalle kaikista tuottavin paikka sen perustamiselle. (Haapanen 2010b.)

Tuulivoimalaa perustettaessa on tärkeää tunnistaa tuuligradientti ja eritoten se, onko se liian korkea. Tuuligradientilla tarkoitetaan lapojen pyörimisalueen ylä- ja alaosan välistä eroa. Tuuligradientin normiksi on asetettu 0,2. Pyörimisalueen ollessa parhaimmillaan yli toista sataa metriä on tärkeää saada tarkkaa tietoa kummankin ääripään tuuliolosuhteista. Mikäli tuuligradientti ylittää sallitun arvon, voimalan tuotantoa täytyy rajoittaa, jotta se voi tuottaa maksimaalisesti. Tuuligradientti onkin hyvin merkittävä tekijä tuulivoimalaa valittaessa. Tuuligradientti on helpoin saada selville SODAR- ja LIDAR-laitteilla. (Haapanen 2010b.)

Voimalan toimittajan on tiedettävä suunnitellun alueen tarjotakseen tuulioloihin oikeaa voimalaa, joka tuottaa mahdollisimman hyvin sijoituspaikan tuuliolosuhteissa ja kestää ehjänä vähintään suunnitellut 20 vuotta. Nämä kummatkin tekijät vaikuttavat yhdessä tuulivoimalan tuottavuuteen. (Haapanen 2010b.)

3.6.2 Tarjolla olevat tuulenmittausmenetelmät

Tuulimittaukset tuulienergialaitosta varten tehdään vielä pääasiassa kuppimittareilla, jotka on asennettu meteorologiseen mastoon. Mastomittaukset ovat kuitenkin muuttumassa yhä vaikeammiksi. Nousevien napakorkeuksien ja tuulivoimaloiden sijoittaminen merelle tulevaisuudessa aiheuttavat sen, että mastojen kustannukset tulevat nousemaan merkittävästi tulevien vuosien aikana. Sen vuoksi meteorologinen masto ei ole enää käytännöllinen vaihtoehto, sillä yhä isommat meteorologiset mastot ovat vaikeampia pystyttää ja niiden pystyttämiseen tarvittavien lupien saaminen on aikaa vievää ja joskus jopa

mahdotonta. SODAR-tekniikkaa pidetäänkin yhtenä vartaanotettavista vaihtoehtoista korvaamaan nyt vielä suosittummat mastot. (Manwell, McGowan & Rogers 2009: 80-81.)

3.6.3 Anemometrit

Anemometriset kupit ovat kenties yleisin tapa mitata tuulen nopeutta. Anemometriset kupit käyttävät tuulen mittaamisessa hyväkseen kuppien pyörimisnopeutta, jotka pyörivät sitä kovempaa, mitä kovempaa tuuli puhaltaa. Tämän päivän yleisimmät mallit sisältävät kolme kuppia, jotka on kiinnitettynä pieneen varteen. Kuppien pyörimisnopeutta voidaan mitata kolmella eri tavalla:

1. Mekaaninen laskin laskee kokonaisten kierrosten määrän
2. Sähkön varauksen muutosta seuraamalla(ACDC)
3. Fotoelektroninen vaihtelu

Mekaaniset kuppianemometrit ilmoittavat tuulivirran matkana. Tuulennopeuden keskiarvo saadaan jakamalla tuulivirta sen mittaamiseen käytetyllä ajalla. Etäkohteille tämän tyyppisessä anemometrissä on se hyöty, että se ei tarvitse ulkoista virtalähdettä. Elektroninen kuppianemometri antaa meille välittömästi tuloksen sen hetkisestä tuulennopeudesta. Tieto kuppien pyörimisnopeudesta siirtyy sähköjohtoa pitkin AC/DC-generaattoriin, josta tuulennopeus johdetaan. Fotoelektronisessa vaihteessa on levy, joka sisältää 120 reikää ja valokennon. Jaksollinen reikien läpäisy tuottaa pulsseja jokaisesta kuppien pyörähdyksestä. (Manwell, McGowan & Rogers 2009:77-79.)



Kuva 6. Meteorologinen masto, korkeus 70 metriä (Nuon Renewables 2005)

3.6.4 Sodar

SODAR (SOund Detection And Ranging) on luokiteltu etätunnistin-järjestelmäksi, koska se voi tehdä mittauksia ilman, että sijoitetaan aktiivista sensoria mittauspäikalle. Koska kyseiset laitteet eivät tarvitse korkeita torneja tai mastoja, jotta niitä voidaan käyttää, niin näiden järjestelmien potentiaali on merkittävä. Etätunnistimia käytetään eritoten meteorologisiin ja ilmakehän mittauksiin. Vasta viime aikoina sitä on alettu käyttää tuulen paikantamisen ja voiman mittaamiseen. SODAR perustuu akustiseen paluukaikuun. (Manwell, McGowan & Rogers 2009: 80-81.) SODAR-järjestelmää käsitellään perusteellisemmin kappaleessa neljä.

3.6.5 LIDAR

LIDAR (LIght Detection And Ranging) vastaa hyvin pitkältä järjestelmänä SODAR-teknologiaa, sillä se on määritelty myös etätunnistin-järjestelmäksi ja sitä voi käyttää samalla tavalla tuulen mittaamiseen kolmiulotteisessa tuulikentässä. Tässä järjestelmässä lähetetään valoa ja paluupalosta voidaan päätellä tuulen nopeus ja suunta siltä korkeudelta, mistä se on määritelty mittaamaan tuulta. Lisäksi LIDAR-tekniikan perusperiaate luottaa Doppler-vaihtelun tuottamiin tuloksiin, johon vaikuttavat luonnolliset aerosolit, joita tuuli kuljettaa mukanaan. (Manwell, McGowan & Rogers 2009: 81-82.)



Kuva 7. LIDAR-laite (Climate Change Unit 2011).

4 SODAR

Sodar(sonic detection and ranging)-teknologiaa käytetään mittaamaan vertikaalista turbulenssin rakennetta ja tuuliprofiilia ilmakehän alimmassa kerroksessa. SODAR-järjestelmät muistuttavat hyvin pitkälle RADAR(radio detection and ranging systems)-järjestelmiä sillä erolla, että radioaaltojen sijasta mittaaminen tapahtuu ääniaaltojen avulla. (ART 2011.)



Kuva 8. ASC Model 4000 SODAR (W.E.S Engineering 2011).

Useimmat SODAR-järjestelmät toimivat lähettämällä akustista pulssia ja sitten laitteen vastaanottimet analysoivat takaisin tulevan signaalin. Analyysiin vaikuttaa pääsääntöisesti kaksi eri tekijää, palautuvan signaalin vahvuus ja taajuus(doppler). Näiden kahden tekijän perusteella voidaan laskea tuulen nopeus, suunta ja ilmavirtojen luonne ilmakehässä. Tieto ilmakehän profiilin rakenteena osana

korkeutta voidaan saavuttaa analysoimalla yhden sarjan yksittäistä paluusignaalia vertaamalla toisiin yksittäisiin paluusignaaleihin eli pulsseihin. (Manwell, McGowan & Rogers 2009: 80–81.)

Aavikkokohteissa SODAR-järjestelmillä on yleensä parempi kyky mitata korkeiden ilmanalojen tuulituloksia, sillä ääni kulkee paremmin kuivassa ilmassa. (ART 2011.)

SODAR-järjestelmässä on muutamia selviä hyötyjä verrattuna perinteiseen tuulenmittausmastoon. SODAR-järjestelmä voidaan asentaa pieneenkin tilaan nopeasti ja sen asennuskustannukset ovat noin puolta halvemmat. Nykyään tuulivoimaloiden ideaalikorkeus on noin 150 metriä ja useimmat SODAR-järjestelmät tarjoavat luotettavaa tuulenmittaustietoa vielä selvästi yli tämänkin korkeuden. SODAR-järjestelmillä pystytään mittaamaan luotettavasti tuulen nopeutta aina 200 metrin korkeudesta ja eri korkeuksilta samanaikaisesti laitteesta riippuen. (Manwell ym. 2009: 80–81.)

SODAR-järjestelmän paras etu onkin, että se pystyy tarjoamaan tuulitietoa koko tuulivoimalan lavan pyörimisalueelta, kun taas masto pystyy tarjoamaan mittaustuloksia ainoastaan yhdestä pisteestä. Ensimmäiset tuulivoimalat olivat järjestään liian matalia, ylettyen ainoastaan 60–80 metrin korkeuteen. (ART 2011.)

SODAR-tekniikassa on vaarana, että lähtenyt signaali ei tulekaan takaisin tai sen tieto on vääristynyt matkan aikana. Mastoissa tiedot tuulen nopeudesta tulevat kiinteistä mittareista, joten se ei pääse muuttumaan matkan aikana. Esimerkiksi SODAR ei anna oikeaa dataa rankkojen sade-olosuhteiden vallitessa. Toinen heikompi osa on se tosiasia, että SODAR-järjestelmät välittävät kovien tuulien mittaustuloksia. Toiset tuulen parametrit kuten tuulennopeuden vaihtelu, tuulensuunnan vaihtelu ja tuuliryöpyt eivät ole yleensä saataville tai ne eivät ole luotettavia. (ART 2011.)

4.1 SODAR-järjestelmien toimintamalli lyhyesti

Ilmakehän liike on tulos yleisestä tuulivirrasta ja turbulenssista. Ilmakehän turbulenssi muotoutuu lämpötiloista ja mekaanisista voimista johtuvista tekijöistä.

Kun ilmakehän läpi välitetty äänipulssi kohtaa pyörteen, niin sen energia hajautuu kaikkiin suuntiin. (ART 2011.)

SODAR-järjestelmät lähettävät ja vastaanottavat äänisignaaleja tietyllä taajuudella. Mikä tahansa taustamelu tällä taajuudella voi vaikuttaa signaalin vastaanottoon, koska paluusignaalin voimakkuus vaihtelee käänteisesti tavoitekorkeuden kanssa, heikot signaalit katoavat todennäköisemmin taustameluun. Onkin tärkeää tunnistaa mahdollisesti häiritsevät äänilähteet mahdollisen kohteen lähettyvillä ja arvioida taustamelun voimakkuus ja vaikuttakaako se mittaukseen. (Manwell ym. 2009: 80–81.)

Doppler-efektin ansiosta saadaan tuulitulokset, joka saadaan laitteen arvioitessa lähteneen äänen voimakkuutta palanneeseen äänen voimakkuuteen ja sen muutoksiin. Kun tuuli puhalttaa kohti SODAR-antennin keilaa, on vastaanotetun äänen taajuus korkeampi kuin lähetetyn signaalin ja päinvastoin tuulen liikkuessa pois päin. (ART 2011.)

Markkinoilla on kahteen eri järjestelmään perustuvia SODAR-järjestelmiä, monostaattisia ja bi-staattisia. Bi-staattisessa järjestelmässä signaali on voimakkaampi ja tasaisempi verrattuna monostaattiseen, mutta lähes kaikki kaupalliset laitteet ovat monostaattisia, koska käyttö helpompaa ja käytännöllisempää (ART 2011.)

4.2 SODAR-järjestelmän kustannukset

Sodar-laitteiden hinnat vaihtelevat riippuen mallista ja valmistajasta. SODAR-laitteella tehtäviä tuulenmittauspalveluita välittävä yritys joutuu lisäksi varautumaan seuraaviin kustannuksiin (WES Engineering 2011.):

- 1) Mittauskohteeseen tutustuminen ja tarkastaminen, että se soveltuu mittaamiseen. Varmistaa laitteelle mahdollisimman tehokas käyttö. Varmistaminen, että laite kestää valitun paikan sääolosuhteet. Laitteen pitäminen toimintakuntoisena koko mittausjakson ajan (lumesta putsaaminen, jäänmuodostumisen estäminen jne.).
- 2) Matkakustannukset mittauskohteeseen.

- 3) Henkilökunnan koulutus ja palkkaus laitteen asentamista varten kohteeseen. Datan oikeellisuuden varmistaminen, tulkitseminen ja välittäminen asiakkaalle.
- 4) Väliaikaraporttien laatiminen asiakkaalle kahden viikon välein.
- 5) Laitteen mahdollinen siirto uuteen kohteeseen asiakkaan toiveesta.

Laitteen käytön kustannuksiksi on arvioitu noin 500 euroa kuukaudessa, joka sisältää yllämainitut toimenpiteet. Perustamiskustannukset ovat noin 1000 euroa. Lisäksi kohteeseen tehtävistä matkoista laskutettaisiin kilometrikorvausten mukaisesti.

Sodar-laite maksaa 75 000 euroa (kts. kappale 5.4) ja sen ostamiseen liittyvät kustannukset (poistot) maksetaan kahden vuoden aikana (24 kuukautta) ja verrataan kustannuksia, mikäli poistot tehtäisiin kolmessa vuodessa (36 kuukautta). Lisäksi kustannuksia olisivat kuukausittaiset noin 1000 euron muuttuvat kustannukset (Muku) ja perustamiskustannukset 1000e/perustaminen jaettuna mittausajan minimiajalle 3 kuukautta, jolloin perustamisen kuukausikustannukset ovat 340 euroa per kuukausi.

Taulukko 2. SODAR-laitteen kustannusarvio per kuukausi.

	2 vuotta	3 vuotta
Arvo uutena	75000	75000
Poisto/kk	3125	2085
Muku	1000	1000
Perustaminen	340	340
Yhteensä/kk	4465	3425

5 EMPIIRINEN TUTKIMUS

Tutkimusmenetelmät ovat keino löytää ja kerätä dataa organisoidusti ja systemaattisesti, jotta saadaan hyödyllistä informaatiota tukemaan vastausta tutkimuksen tutkimusongelmaan. Datan keräämiseen voidaan käyttää monia erilaisia tieteellisiä keinoja, kuten esimerkiksi haastatteluja, kyselyitä tai tarkkailua. (Ghuri, Gronhaug & Kristinslund 1995: 83). Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen tutkimus ovat kaksi perusvaihtoehtoa mille tahansa tutkimukselle. Kvalitatiivisia menetelmiä käytetään tutkimustyyppisiin kysymyksiin, joissa yksinkertaista numeroilla esitettävää vastausta ei ole. Kvalitatiivisella menetelmällä voidaan tutkia tuntemattomia muuttujia ja löytää ongelmia tutkittavasta aiheesta. Kvantitatiivinen tutkimus puolestaan testaa tutkimuksessa esitetyn hypoteesin ja pitikö se paikkansa vai ei ja miltä osin piti ja miltä osin ei. (Lewis, Saunders & Thornhill 2009: 151.)

Tutkimus voi olla yhdistelmä seuraavista osa-alueista:

- Testi: Testien avulla olemassa oleva tieto jäsennetään luettavaan tai numeraaliseen muotoon
- Kysely: Kyselyjä käytetään selvittämään esimerkiksi johtava mielipide tai saamaan selville syy-seuraussuhteet nyt, ennen tai tulevaisuudessa.
- Tarkkailu: Tarkkailemalla selvitetään ärsykkeiden vaikutusta tarkkailtavaan kohteeseen ja etsitään syy-seuraussuhdetta.
- Olemassa oleva tieto: Olemassa oleva tieto auttaa muodostamaan kokonaiskuvan ja rakentamaan empiirisen tutkimuksen olemassa olevan tiedon kautta johdettuihin olettamuksiin.

5.1 Aikaisemmat tutkimukset

Vuonna 2002 Alankomaiden energian tutkimuskeskus (Energy research Center of the Netherlands, ECN) käynnisti tutkimuksen, jossa erilaisia tuulenmittausmenetelmiä verrataan mastolla tehtyihin mittauksiin. Tutkimuksille

oli ja on edelleen tilausta, sillä tuulivoiman tuottajat olivat huolestuneita nousevista mittauskuluista ja haluttiin selvittää, löytyykö vaihtoehtoja mittausvaihtoa, joka tarjoaisi luotettavaa tietoa tuulesta halutussa kohteessa ja ennen kaikkea, huomattavasti halvemmalla hinnalla. Tutkimusten päätarkoitus on tarjota vaihtoehtoja mittauspalveluita harkitsevalle ja kertoa mastomittausten ja SODAR-laitteiden välisistä mittauseroista. Laitosta voidaan pitää luotettavana lähteenä SODAR-teknologiaan liittyvien tutkimusten ja niiden tulosten tutkijana.

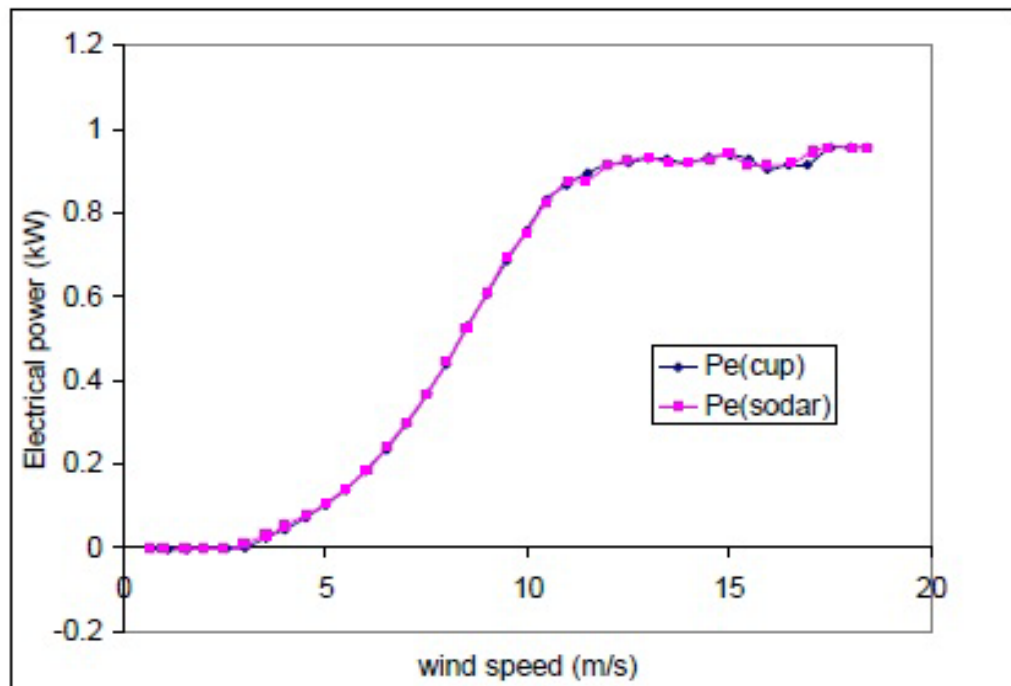
Vuosina 2002–2004 tehty ja vuonna 2005 julkaistu tutkimus suosittelee, että SODAR ei yksistään ole luotettava tuulenmittaussysteemi. Tutkimuksessa testattiin SODAR-laitetta kolmella eri tavalla: SODAR-laite kalibroitiin käsin ja se sijoitettiin sisämaahan, SODAR kalibroitiin toimimaan samanaikaisesti 40 metrin korkean maston kanssa ja se sijoitettiin sisämaahan sekä viimeisessä testissä SODAR kalibroitiin toimimaan samanaikaisesti 40 metrin maston kanssa ja se sijoitettiin rannikolle. (de Noord, Curvers, Eecen, Antoniou, Jørgensen, Pedersen, Bradley, von Hünerbein, Kindler, Mellinghoff, Emeis 2005.)

Taulukko 3. AEP=Annual Energy Production MW. (de Noord ym.: 65).

m/s	Anemometri		SODAR	
	AEP mitattu	AEP epävarmuus	AEP mitattu	AEP epävarmuus
4	1747	192	1799	249
5	3263	264	3310	345
6	4940	312	4977	407
7	6509	334	6536	436
8	7780	339	7798	440
9	8667	332	8679	429
10	9174	319	9181	409
11	9362	301	9365	385

Tutkimuksen johtopäätöksissä laitetta suositeltiin käytettäväksi 30–40 metriä korkean meteorologisen maston kanssa laitteen kalibroimiseksi ja apuna tuulimittausten saamiseksi. Taulukko 3 kuitenkin osoittaa, että anemometrillä ja

mastolla toteutetut mittauksetkaan eivät ole täysin luotettavia, vaan niidenkin tuloksissa on olemassa epävarmuustekijä. (de Noord ym. 2005)



Kuvio 6. 2002–04 tehtyjen mittausten eroavaisuudet maston ja SODAR-tekniikan välillä.

Vuonna 2009 ECN:n tekemä tutkimus kuitenkin tuli jo toiseen johtopäätökseen. Tutkimuksen tekijät suosittelivat, että tutkimuksissa käytetty laite on varteenotettava tuulenmittausväline ilman erillistä mastoa tai muita erityisiä apuvälineitä. Tutkimuksessa todettiin, että tuulivoimaloiden napakorkeuksien noustessa yhä korkeammalle, on SODAR tulevaisuudessa yhä tärkeämpi väline tuulimittauksia tehdessä. (Oostrum, Verhoef, van der Werff 2009.)

Tutkimuksessa kolme mastoa ja SODAR-laite olivat sijoitettu Alankomaiden pohjoisrannikolle, IJsselmeer-lahden länsipuolelle. Olosuhteet tuulimittauksille olivat otolliset, sillä kyseessä on laaja alankoalue ja mittaukset kestivät kesästä syksyyn. Jäikin siis epäselväksi kuinka kyseinen laite toimisi vaativimmissa

olosuhteissa. Lisäksi tutkimus ei täysin sataprosenttisesti vakuuttanut SODAR-laitteen luotettavuudesta, sillä tutkimuksessa oli varsin vähän materiaalia liittyen SODAR-laitteilla tehtyihin mittauksiin. Tutkijoiden johtopäätös oli kuitenkin, että Second Windin Wind Profiler on vartenotettava vaihtoehto tuulenmittauksiin ja nimenomaan ilman maston ja anemometriä apua. (Oostrum ym. 2009)

Kuviossa 7 esitetään prosenteissa luettavissa oleva data suhteessa mitattuun korkeuteen. Selitykset eri lyhenteille ovat seuraavat:

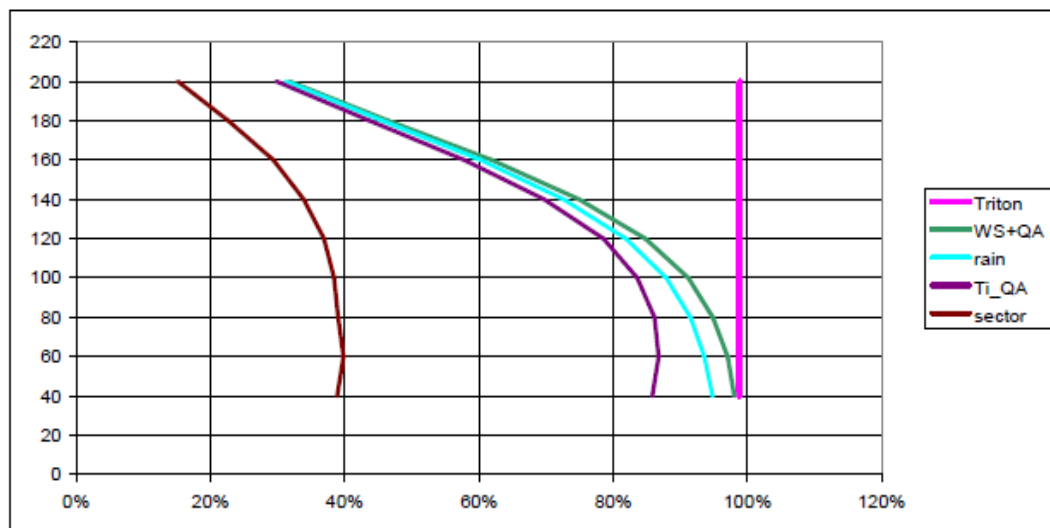
Triton: Aika, jonka Triton pystyi tuottamaan mittausdataa

WS+QA: Sama kuin yllä ja tuulennopeussuodatin on kytketty

Rain: Yllä mainittujen lisäksi sateen suodatin on kytketty

Ti_QA: Yllä mainittujen lisäksi turbulenssin intensiivisyyden suodatin on kytketty

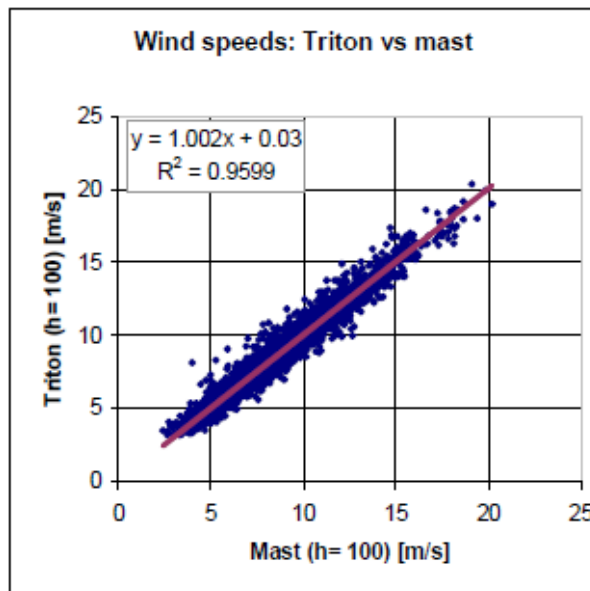
Sector: Viimeiseksi myös haluttu tuulensuunta suodatetaan



Kuvio 7. Kelvollinen data suhteessa mitattuun aikaan, kun suodattimia käytetty (Oostrum 2009).

Kolmen kuukauden aikana oikeasta suunnasta puhaltanutta tuulta pystyttiin 60 metrissä tuottamaan 40 %. Tämä tarkoittaa tuulen puhaltaneen noin viisi ja puoli viikkoa (ja sen nopeutta on pystytty mittaamaan) siitä suunnasta, minne päin tuulivoimala tultaisiin sijoittamaan. 200 metrissä sama luku on 16 % ja 15 täyttä

mittausvuorokautta mitatulla 97 vuorokauden ajanjaksolla. Kuviosta 8 huomaa, että kelvollinen mittausdata vähenee eksponentiaalisesti sitä mukaan, mitä korkeammalta tuulta mitataan.



Kuvio 8. Mitattujen tuulennopeuksien vertailua maston ja SODAR-laitteen välillä 100 metrissä (Oostrum 2009).

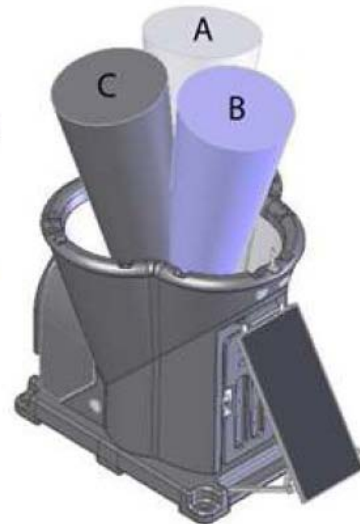
Tutkimuksessa positiivisina elementteinä pidettiin seuraavia kohtia:

- Käytetty laite pystyi tuottamaan dataa 98,85 % mittaukseen käytetystä viiden kuukauden ajasta.
- Viiden kuukauden testiajanjaksona ei ollut tarvetta huoltotoimenpiteille.
- Korrelaatio meteorologiseen mastoon oli todella hyvä. Korrelaatiokerroin oli yli 97 % kaikissa mitatuissa korkeuksissa ja tuulensuunnan mittauksissa.
- Sadan metrin korkeudessa tehdyt mittaukset ovat luotettavia verrattaessa meteorologiseen mastoon.
- Pätevää mittausdataa laite mittasi 60 metrissä 94 %, 80 metrissä 92 % ja 100 metrissä 88 %.

- Laite oli helppo asentaa ja sillä mitattu data oli helppo saada esitettävään muotoon.
- Tutkimuksessa käytetyn laitteen datan epävarmuustekijä oli samaa suuruusluokkaa meteorologisen maston kanssa.

Site: Triton 97-26

Unit Serial Number: 00097	Heater Status: Off
Firmware Revision: 1.8	Heater Temperature: 0°C
Platform Revision: 0.0	
DSP Code Revision: 0.12	Barometric Pressure: 1025.3
	Relative Humidity: 63%
Operational Status: Running	
True Azimuth: 0°	Speaker Volume: 100
Tilt X (around Y axis): -0.3°	Battery Volts: 14.1V
Tilt Y (around X axis): -1.4°	
	Modem Power: 0W
Ambient Temperature: 18.8°C	CPU Power: 1.3W
Internal Temperature: 20.6°C	Core Power: 3.2W
Mirror Temperature: 20.4°C	PWM Power: 0.9W



Kuva 9. Vuoden 2009 tutkimuksessa käytetty laite ja sen asetukset

Vuonna 2011 on jälleen tullut uusi tutkimus koskien SODAR-tekniikan ja mastomittauksen välistä eroa ja niiden luotettavuutta, mutta kyseinen tutkimus oli tätä tutkimusta tehdessä saatavilla ainoastaan flaamin kielellä, joten sitä ei voitu kieliteknillisistä syistä käyttää hyväksi tätä tutkimuksesta tehdessä.

Nämä kaksi edellä mainittua tutkimusta antavat kuitenkin selkeästi vastauksen, että SODAR-laitteilla tehtävät tuulimittaukset ovat kehittyneet merkittävästi viimeisten vuosien aikana. Voidaan todeta, että SODAR-mittaukset ovat näiden edellä mainittujen tutkimusten perusteella luotettavia ja mittaustuloksia voidaan käyttää hyväksi uutta tuulivoimalaa perustettaessa. Lisäksi tutkimalla näitä kahta edellä mainittua tutkimusta voidaan todeta, että SODAR-laitteet tulevat vielä tulevaisuudessa kehittymään entistä tarkemmiksi ja kustannustehokkaimmiksi tuulimittausta varten.

5.2 Kyselyn toteutus

Tutkimukseen käytettävä data kerättiin käyttämällä Digiumin(digium.fi) asiakastytyväisyyskyselyyn tarkoitettua ohjelmaa. Käytetty ohjelma keräsi saadut tulokset automaattisesti taulukoiksi tämä säästikin huomattavasti tutkimukseen varattua aikaa. Kyselyyn vastasi 16 tuulialan ammattilaista ja vastaajien joukossa oli toimijoita asentajista asiantuntijoihin.

Tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä haastattelemalla SODAR-mittauspalveluita välittävän yrityksen toimitusjohtajaa sekä kyselylomakkeen avoimilla kysymyksillä, joissa vastaajat saivat kertoa omin sanoin SODAR-teknologian hyvistä ja huonoista puolista. Kvantitatiivisia menetelmiä käytettiin kyselylomakkeessa, esittämällä vastaajille monivalintakysymyksiä. Tutkimuksessa liitteenä oleva (Liite 1.) kysely lähetettiin hieman yli sadalle henkilölle. Erityisen haasteen tutkimukselle asetti se, että aiempia tutkimuksia aiheeseen liittyen ei ole tehty suomen kielellä. Englannin kielellä tehtyjä sodariin liittyviä teknisiä tutkimuksia löytyi kuitenkin muutama kappale ja ne antoivatkin riittävästi sekundääristä dataa tutkimusta varten. Tutkimuksessa oli 12 valinnaista kysymystä ja 2 avointa kysymystä. Koska aihetta ei ole korkeakoulutasolla tutkittu vielä käytännössä ollenkaan, oli mielestäni aihetta selvittää, millaisia ennakkoluuloja tutkimuksen kohteena olevaa laitetta kohtaan on alan ammattilaisten keskuudessa ja toisaalta taas selvittää kuinka hyvin laite jo tunnetaan. Lisäksi oli aihetta selvittää, ovatko käyttökokemukset olleet positiivisia vai negatiivisia. Tämän osalta ei ole mielestäni tarpeellista selvittää, onko vastaaja itse suorittanut/tilannut kyseessä olevalla laitteella tehtäviä tuulimittauksia, vaan tarkoituksena on selvittää, millainen käsitys mahdollisella asiakaskentällä on nykyisillä tiedoillaan tutkittavasta laitteesta.

Tämän datan avulla voidaan markkinointi suunnitella siten, että laitteeseen liittyvät negatiiviset ennakkoluulot tulevat hälvenemään. On mahdollista tukeutua täysin ECN:n tekemiin raportteihin, joista käy ilmi, että uudenaikaisilla välineillä tehtävät mittaukset ovat luotettavia. Samoihin tutkimuksiin nojaten voidaan myös todeta, että SODAR-järjestelmät kehittyvät koko ajan luotettavimmiksi. Tämän tutkimuksen yhteydessä tehtävässä kyselyssä ei ole siis tarpeellista selvittää, onko

sodar-laite luotettava vai ei, vaan mahdollisen asiakaskunnan mielikuvia ja mihin suuntaan heidän mielikuviansa tulisi muuttaa.

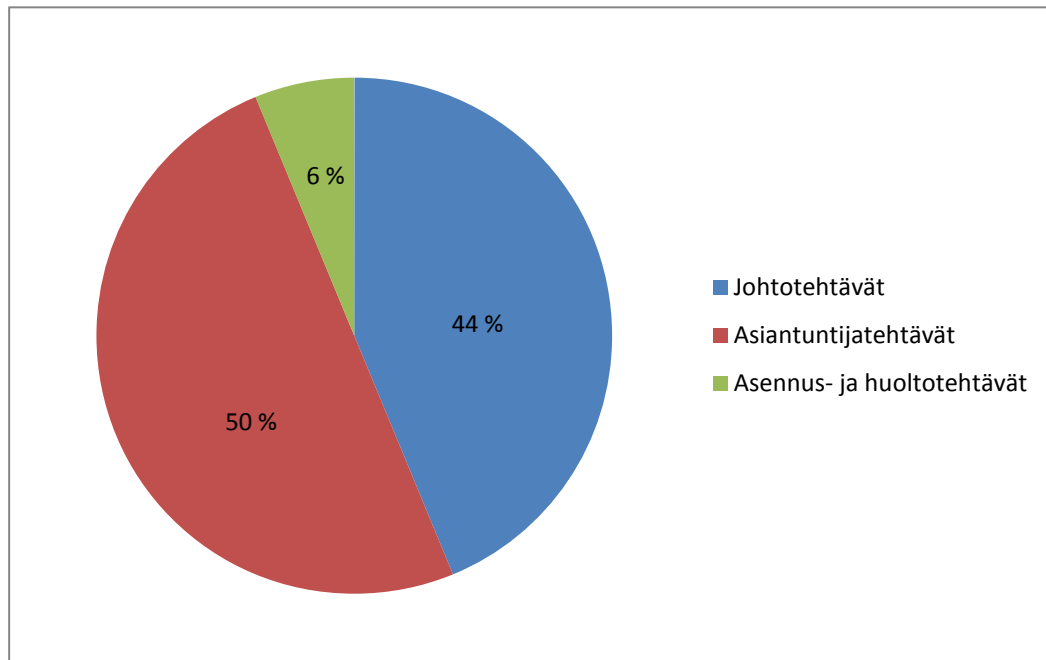
5.3 Kyselyn tulokset

Kysely lähetettiin 105 tuulivoima-osaajalle, joista kyselyyn vastasi 16 henkilöä. Tavoitteena oli saada hieman laajempi noin 20 henkilöä käsittävä otos, mutta valitettavasti tähän tavoitteeseen ei aivan päästy. Kyselyssä oli 15 kysymystä joista 12 oli valinta- tai monivalintakysymyksiä ja 3 avointa kysymystä, joissa vastaajat saivat omin sanoin kuvailla SODAR-teknologian vahvuuksia, heikkouksia ja kertoa vapaasti omia mielipiteitään.

Tulokset olivat melko odotettuja, vaikka muutama poikkeuskin mahtuu joukkoon. Esimerkiksi yllättävän pieni osa vastaajista piti SODAR-mittauksia halpana tuulimittausvaihtoehtona. Toisaalta SODAR-mittauksia piti luotettavana yllättävänkin moni vastaaja. SWOT-analyysia varten kerätty materiaali oli todella monipuolista ja vastausten avulla pystyttiin tekemään laaja kartta analyysia varten.

5.3.1 Vastausten luotettavuus

Kaikki kysymykseen vastanneista toimivat ovat joko tuulivoimateollisuudessa joko yrityksen johto-, huolto- tai asennustehtävissä (Kuvio 9). Lisäksi 44 % vastaajista on tuulivoiman asiantuntijoita.

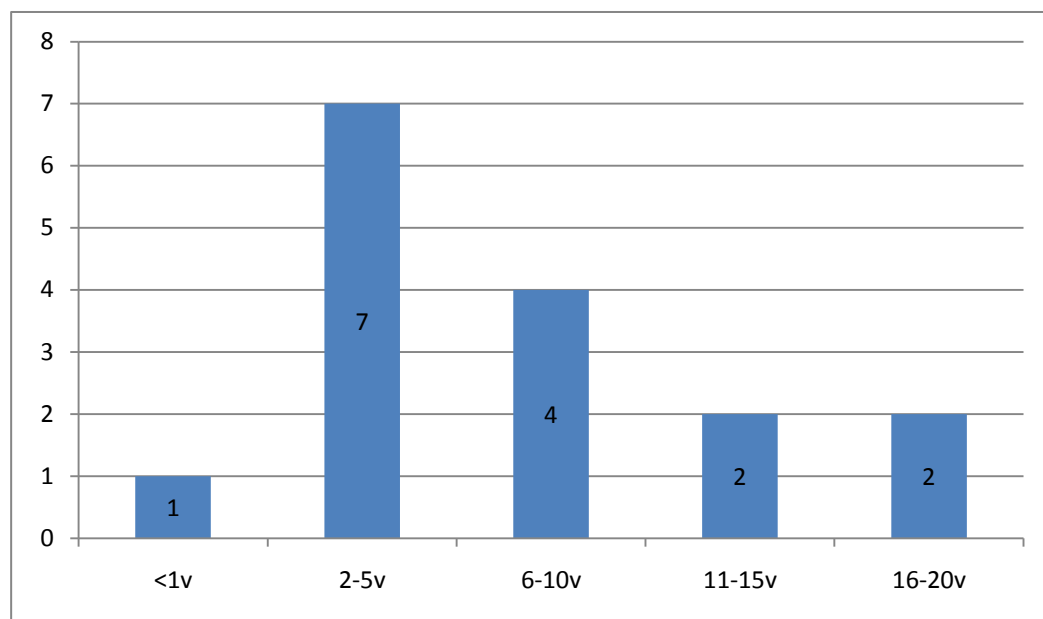


Kuvio 9. Vastaajien asema omassa organisaatioissaan.

Vastaukset osoittavat, että kyselyn tuloksia voi pitää erittäin luotettavina, sillä kaikki vastaajat tuntevat alan vähintäänkin erittäin hyvin. Tämä on erittäin tärkeää jatkokysymysten kannalta, sillä kysymykset jo itsessään sisältävät tietoa, joihin vastaaminen vaatii alan tuntemusta. Tällaisessa tutkimuksessa on ehdottoman tärkeää pystyä osoittamaan, että vastaajat ovat luotettavia, alan tuntevia osaajia.

Aina on tietenkin perusteltua kysyä, kenellä on viimeisin ja uusin tieto alan uusimmista suuntauksista. Sillä ei varsinaisesti kuitenkaan ole tässä tutkimuksessa merkitystä, koska nyt on tarkoitus saada selville vastaajien kokemuksia ja tuntemuksia SODAR-teknologiaan liittyen ja perustaksi riittää ammattitason tietämys tuulivoimasta.

Ainoastaan yksi vastaaja on toiminut tuulivoimateollisuudessa vähemmän kuin yhden vuoden ja puolet vastaajista on työskennellyt tuulivoimateollisuudessa vähintään kuusi vuotta (Kuvio 10). Vastaukset tähän kysymykseen vahvistavat käsitystä, että vastaajilla on riittävästi tuulivoima-alan kokemusta ja sitä kautta kokemuksen tuomaa tietoa. Huomattavaa on, että tuulivoimateollisuus on vasta tekemässä tuloaan energiantuotannon pariin ja siksi vastaajista puolet on ollut mukana tuulivoimassa alle viisi vuotta.

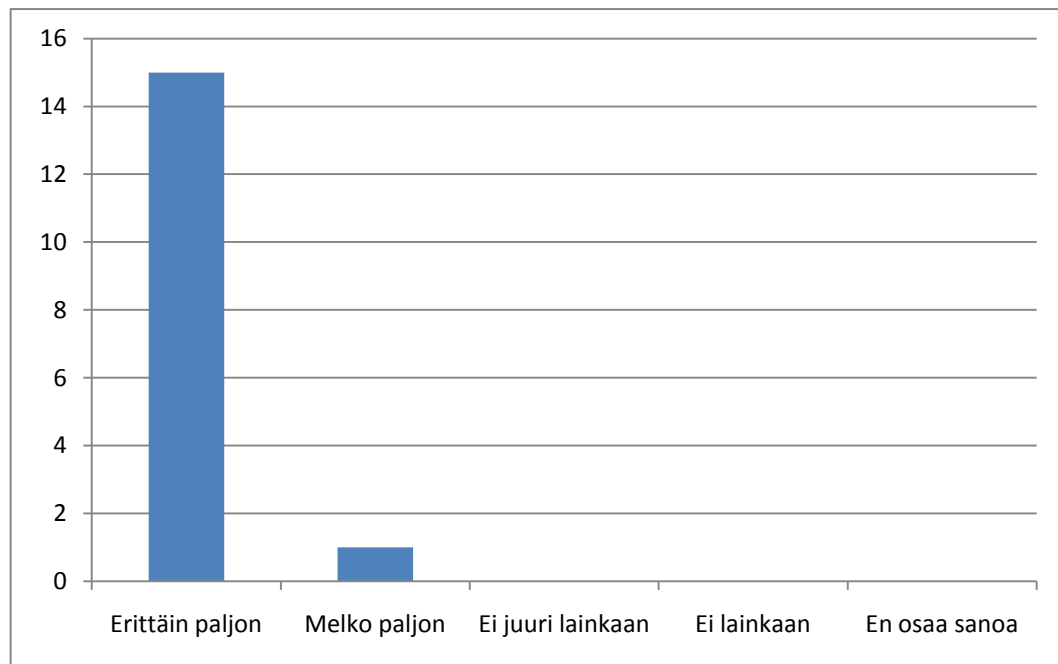


Kuvio 10. Vastaajien uran pituus tuulivoimateollisuudessa.

Vaikka varsinaisia alan veteraaneja on kyselyyn osallistuneista ainoastaan 25 %, niin on tässä yhteydessä huomattava, että tuulivoima on maihinnoussut Suomeen vasta viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämän hetken tuulivoimatuotannon ja sen sähkötuotannon osuus koko maan sähköntuotannosta osoittaa, että tuulivoiman ei voida vielä sanoa vakiinnuttaneen asemaansa sähköntuotannon muotona Suomessa. Silloin myöskään tuulivoima-alan ammattilaisten ura alalla ei pääsääntöisesti voi olla kovin pitkä.

5.3.2 Tuulimittausten tärkeys

Vastanneet olivat kaikki sitä mieltä, että tuulimittausten tekeminen on tärkeä tekijä prosessissa, joka määrittää tuulivoimalan lopullisen sijoituspaikan (Kuvio 11).

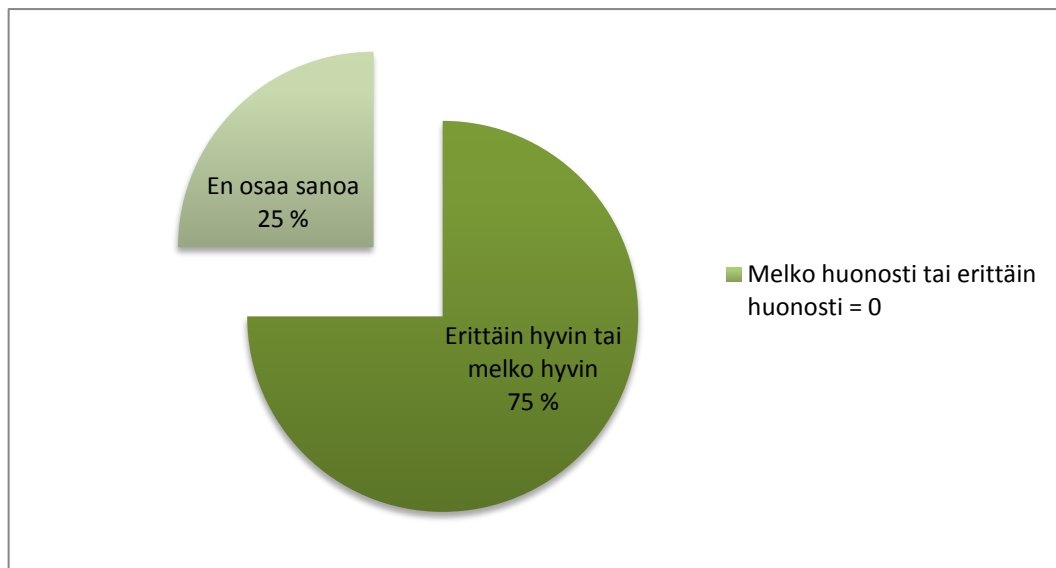


Kuvio 11. Tuulimittausten tärkeys osana tuulivoimalan sijoittamispäätöstä.

Kysymys tuulimittausten tärkeydestä on itsestään selvä alan tunteville ja vastausta voidaan pitää odotettuna, mutta tieteellisessä tutkimuksessa on silti tärkeää osoittaa, miksi mitään asiaa tehdään ja voidaan perustaa tulevat tulkinnat tutkittuun tietoon eikä olettamuksiin. Tämän tutkimuksen yhteydessä on tärkeää osoittaa, että tuulimittauksia tehdään, koska ne ovat tärkeä osa prosessia tuulivoimalan sijoittamispäätöksestä tehdessä.

5.3.3 SODAR-mittausten menneisyys

Vastaajista kolme neljäsosaa piti SODAR-laitteilla tehtyjä tuulimittauksia erittäin tai melko hyvin onnistuneina ja kukaan ei ollut sitä mieltä, että SODAR-mittaukset olisivat epäonnistuneet (Kuvio 12).



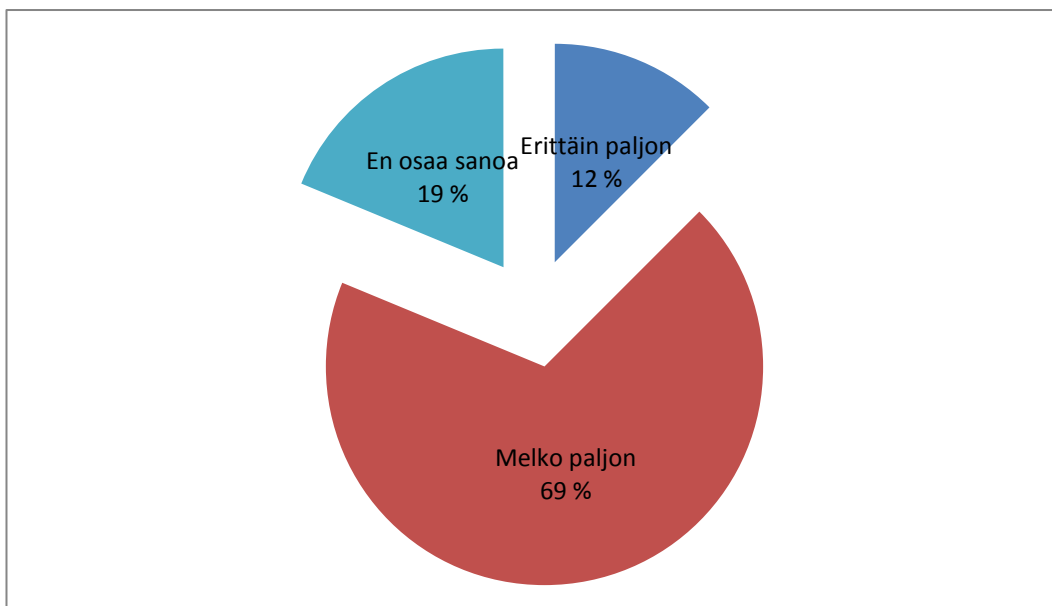
Kuvio 12. SODAR-mittausten onnistuminen tähän mennessä.

Tässä kohtaa on hyvä tuoda esille ECN:n 2005 julkaisema raportti osoittaa, että mastollakaan tehtävät tuulimittaukset eivät ole täysin sataprosenttisesti luotettavia (kts. Taulukko 3). Onkin siis todennäköistä, että jos tämä sama kysymys kysyttäisiin koskien meteorologista mastoa ja verrataan tässä kyselyssä esitettyyn, niin vastaukset olisivat samansuuntaisia, vaikka kyseessä olevaa yhdistelmää pidettäisiin edelleen luotettavampana.

Tulokset kertovat, että tuotteen lanseeraminen ei tarvitse kovia panostuksia positiivisen kuvan luomiseksi, sillä SODAR-mittauksiin ollaan tyytyväisiä. Tuotteen imago on valmiiksi positiivinen ja siihen on asetettu positiivisia odotuksia.

5.3.4 SODAR-tekniikan luotettavuus

Vastaajista hieman yli kaksi kolmasosaa pitää SODAR-tuulimittauksia melko luotettavina ja lähes yksi viidesosa erittäin luotettavina (Kuvio 13). Kukaan vastaajista ei pidä tuulimittauksia epäluotettavina ja ainoastaan kaksi vastaajista ei osannut sanoa kantaansa. On perusteltua päätellä, että kaksi ”ei osaa sanoa” vastannutta vastaajaa vastasivat samoin myös kysymykseen neljä. Suomalaisten tuulivoiman ammattilaisten tietojen SODAR-teknologian luotettavuudesta voidaan tämän kysymyksen vastausten perusteella todeta olevan linjassa yhdessä ECN:n vuonna 2009 tekemän raportin kanssa.

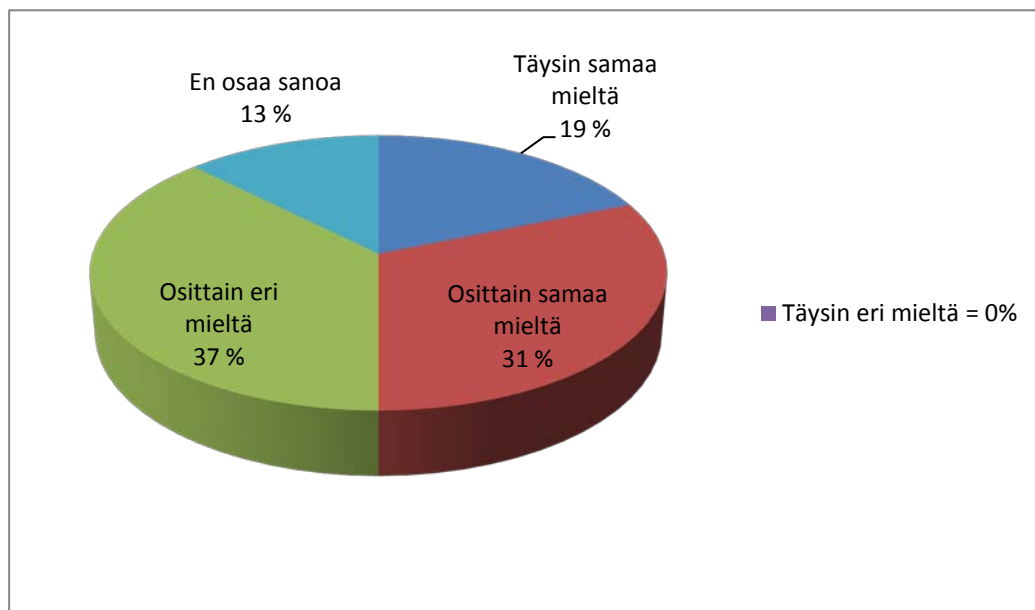


Kuvio 13. Vastaajien arvio SODAR-mittausten luotettavuudesta.

Vastaajien vastaukset kysymykseen SODAR-mittausten luotettavuudesta ovat ehkä kaikista tärkein perusta mille tahansa SODAR-teknologiaan liittyvälle liiketoiminnalle. Mikäli alan ammattilaiset eivät koe SODAR-tekniikkaa luotettavaksi, he eivät käytä sitä ja tällöin tuotteelle ei olisi markkinoita. Toinen vaihtoehto olisi aloittaa laaja-alainen markkinointi-kampanja, jonka päämääränä olisi osoittaa, että SODAR-mittaukset ovat luotettavia. Vastausten kuitenkin

osoittaessa, että SODAR-mittaukset ovat luotettavia, voidaan luoda mahdollinen liiketoiminta terveelle pohjalle. Tulevia asiakkaita ei tarvitse vakuuttaa teknologian luotettavuudesta ja heillä on jo todennäköisesti käsitys siitä, mitä SODAR heille tarjoaa.

Vastaukset SODAR-mittausten riittävydestä ainoana tuulimittausmenetelmänä jakautuivat melko tasaisesti kaikkien vastausvaihtoehtojen kesken (Kuvio 14). Noin viidesosa piti SODAR-mittauksia täysin riittävänä perusteena tehdä päätös tuulivoimalan sijoittamisesta. SODAR-mittauksia riittävänä perusteena piti noin kaksi kolmasosaa ja viimeinen yksi kahdeksasosa ei osannut sanoa. Kysymyksen asettelu olisi ollut parempi muotoa kyllä-ei-EOS. Nyt vaihtoehdot ”osittain eri mieltä” ja ”osittain samaa mieltä” antavat liian paljon tulkinnanvaraa vastaajille. Ne jotka eivät täysin ole vakuuttuneita SODAR-mittausten uskottavuudesta, eivät ole saaneet selkeää vastausvaihtoehtoa johon vastata.

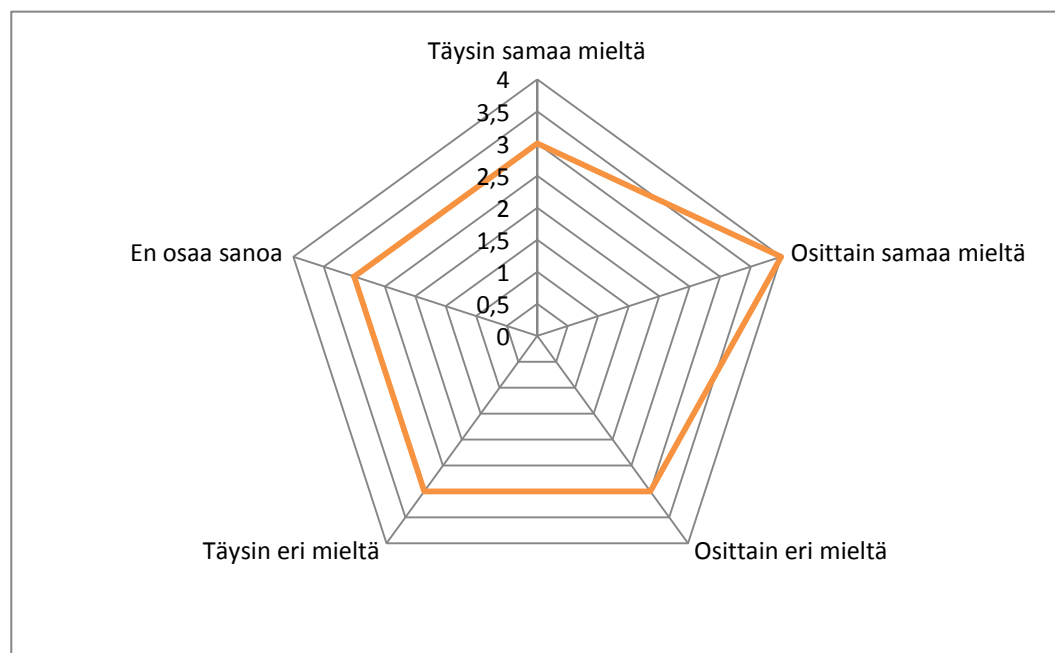


Kuvio 14. SODAR-mittauksen riittävyys ainoana mittausmenetelmänä tuulivoimalan sijoittamispäätöksessä.

Vastaajista kukaan ei ole kuitenkaan ollut täysin eri mieltä. Voidaan päätellä, että vastaajat jollakin tasolla luottavat SODAR-mittausten tuloksiin. Heidän

mielestään riski mittausvirheille on kuitenkin sen verran suuri, että päätöksiä ei täysin haluta jättää SODAR-mittausten varaan. Suurin syy tähän selvisi avointen kysymysten kautta joista selvisi, että SODAR ei ole vielä sertifioitu tuulimittaus-teknologia ja tuulivoimahankkeiden on huomattavasti vaikeampi saada rahoitusta projekteihinsa, mikäli heidän tuulimitatuksensa perustuvat ainoastaan SODAR-mittauksiin. Osittain siitä syystä tuulivoiman ammattilaiset suhtautuvat SODAR-teknologiaan pienellä varauksella.

Luotettavuusosion viimeisen kysymyksen vastaukset (Kuvio 15) jakautuvat niin tasaisesti eri vaihtoehtojen välillä, että niiden perusteella ei voida suuria johtopäätöksiä tehdä.



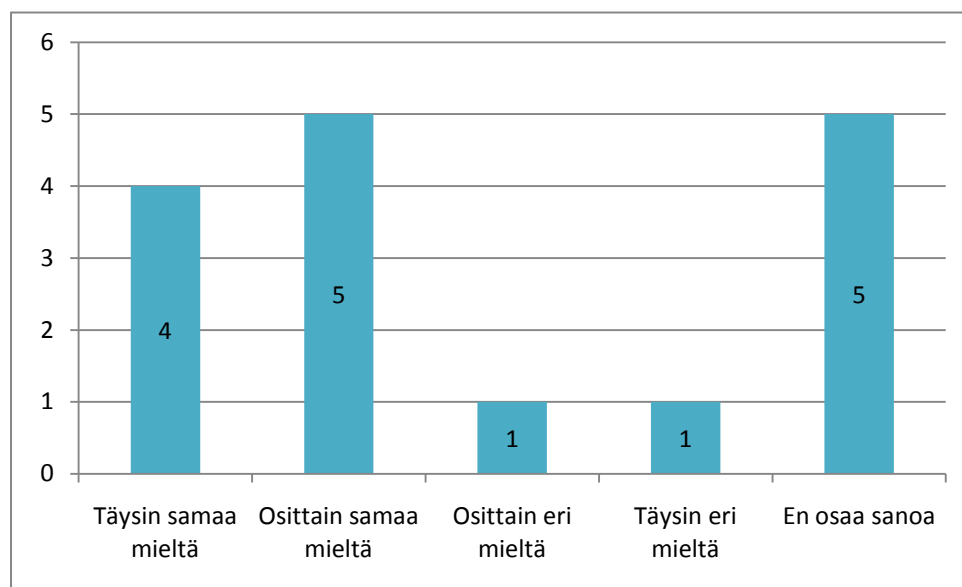
Kuvio 15. Vastaajien arvio SODAR-tekniikan paremmuudesta verrattaessa meteorologiseen mastoon.

Vastaukset osoittavat kuitenkin sen, että alalla uskotaan jo jonkin verran SODAR-mittausten olevan luotettavampia kuin mastomittausten, mutta toisaalta SODAR-teknologia ei ole vielä lähellekään vakuuttanut kaikkia käyttäjiään. Tässä

kysymyksessä on vastausvaihtoehto-asettelu epäonnistunut hieman, sillä vaihtoehdot ”osittain samaa mieltä” ja ”osittain eri mieltä” antavat vastaajille liikaa tulkinnanvaraa.

5.3.5 Kustannukset

Vastaukset SODAR-mittausten edullisuudesta verrattaessa meteorologiseen mastoon osoittavat, että yhdeksän yhdestätoista SODAR-laitteiden kustannuksista tietoisista pitävät sitä halvempana vaihtoehtona tuulimittauksia tarvitsevalle kuin mastolla ja anemometrillä tehtyä mittausta (Kuvio 16). Eri mieltä on kaksi vastaajaa ja viisi vastaajista ei tiedä millaisia ja minkä suuruisia kustannuksia SODAR-mittauksiin liittyy.



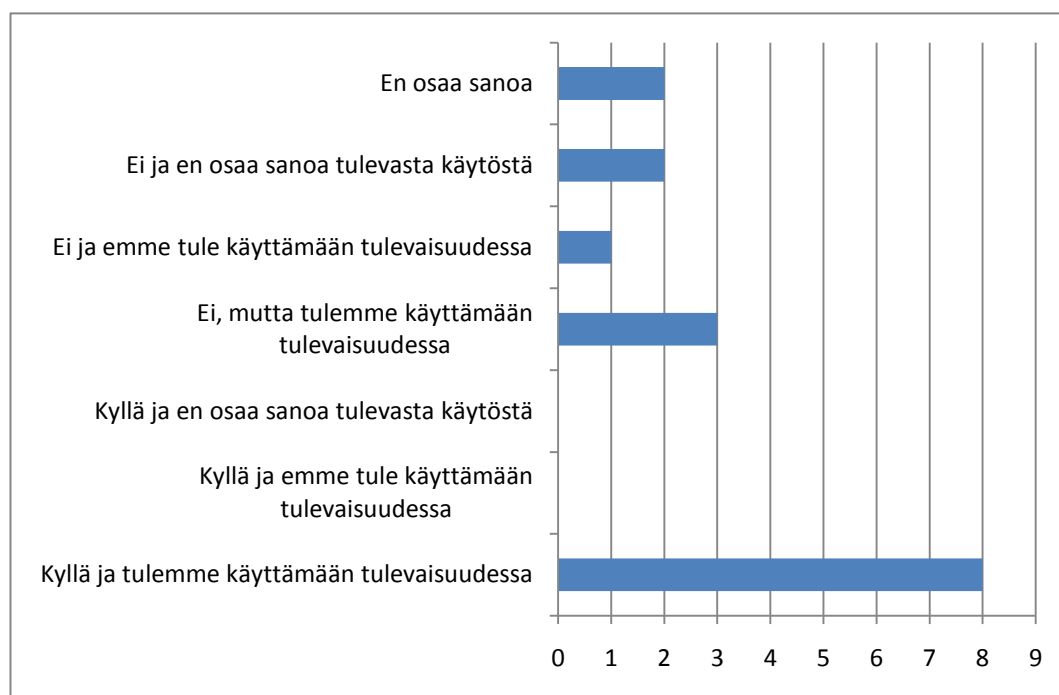
Kuvio 16. Vastaajien arvio SODAR-mittausten edullisuudesta verrattaessa meteorologiseen mastoon.

Vastaukset osoittavat, että suurin osa kustannustietoisista pitää SODAR-mittauksia halvempana. Täysin samaa mieltä on kuitenkin vain neljä yhdestätoista, mikä on sinällään yllättävä tieto, koska tutkimukseen käytetyissä, SODAR-

teknologiaan liittyvissä artikkeleissa, julkaisuissa ja lähteissä sitä pidettiin järjestelmällisesti halvimpana tuulimittausmenetelmänä.

5.3.6 SODAR-teknologian tulevaisuus

Neljätoista kuudestatoista vastaajasta tiesi, millaisia tuulimittauksia heidän yrityksissään/edustamissaan tahoissa käytetään (Kuvio 17). Heistä neljä seitsemästä oli jo käyttänyt SODAR-mittauksia osana toimintaansa. Yhdentoista vastaajan edustamat tahot aikovat käyttää SODAR-laitteella tehtäviä mittauksia tulevaisuudessa hyödyksi toiminnassaan ja ainoastaan yksi ei tule käyttämään SODAR-teknologiaa hyödykseen tulevaisuudessa.

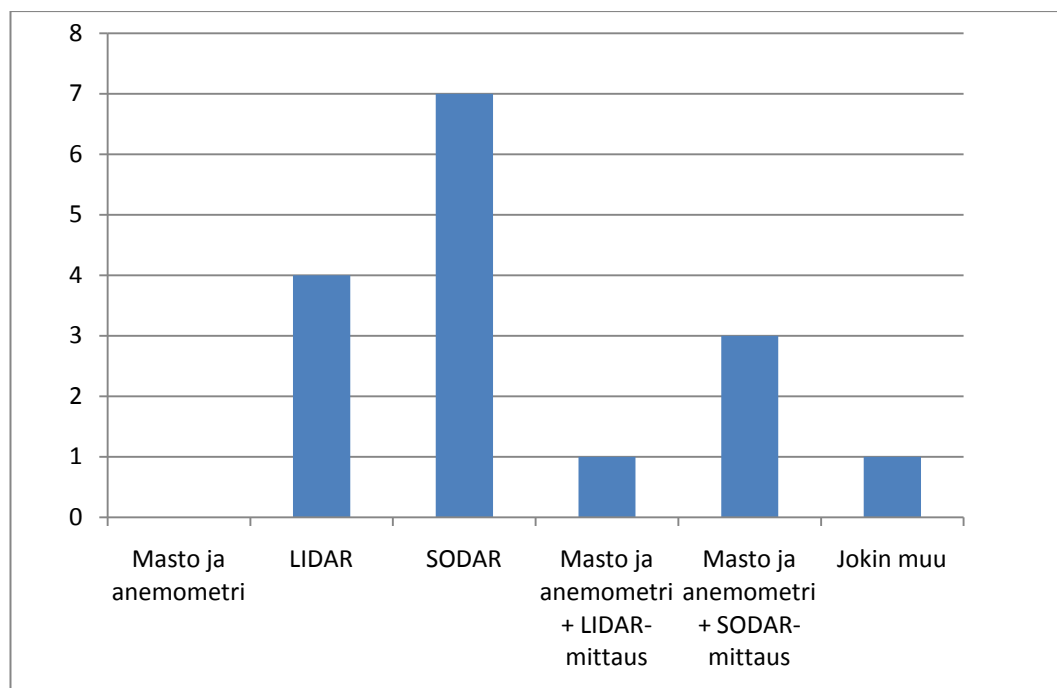


Kuvio 17. SODAR-laitteiden käyttö nyt ja kysyntä tulevaisuudessa.

Vastaukset osoittavat, että tulevaisuudessa SODAR-teknologia tulee olemaan merkittävä osa tuulimittauksia, vaikka kyseiseen teknologiaan perustuvia

mittauslaitteita on Suomessa vasta noin kaksikymmentä kappaletta (kts. kappale 5.5)

Jälkimmäisessä kysymyksessä viisi kahdeksasta vastaajasta arvioi, että SODAR tulee olemaan joko yksin tai mastolla ja anemometrillä täydennettynä, johtava tuulenmittausmenetelmä vuonna 2020 (Kuvio 18). Lisäksi seitsemän kuudestatoista uskoo SODAR-tekniikan olevan yksistään johtava tuulenmittausmenetelmä tuona vuonna. Kolme kahdeksasta arvioi puolestaan johtavan tuulimittausmenetelmän olevan jokin muu teknologia, missä SODAR-teknologiaa ei käytetä ollenkaan.



Kuvio 18. Vastaajien arvio johtavasta mittaustekniikasta vuonna 2020.

Voidaan päätellä, että SODAR-teknologiaa kohtaan on olemassa kovia odotuksia tulevaisuuden kannalta. Vastauksia tulkittaessa on huomioitava, että Suomen pohjoiset olosuhteet aiheuttavat myös tuulimittausvälineille erikoisvaatimuksia

(kts. kappale 5.6, SWOT-analyysi), joihin ainoastaan SODAR pystyy täysin vastaamaan.

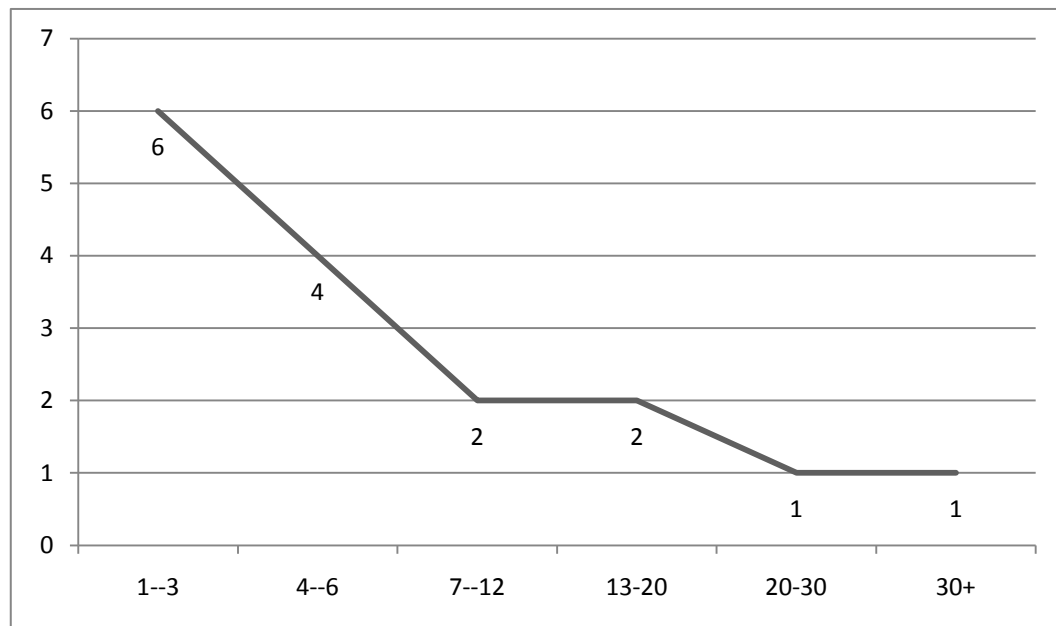
Tämä tulos yhditettynä kuvion 17 tulokseen tarkoittaisi sitä, että noin 50 % tulevaisuuden tuulimittauksista tulisi olemaan SODAR-mittauksia. Tämä lukema perustuu täysin kyselyn tuloksiin ja kyselyn tulokset perustuvat puolestaan tuulivoima-ammattilaisten nykytietoihin ja tulevaisuuden odotuksiin. Tulos 50 % saadaan, kun kerrotaan kuvion 17 tulevaisuuden käyttäjät (78,5 %) kuvion 18 arvioilla, että SODAR on jossain muodossa tulevaisuuden johtava tuulimittaustekniikka (62,5 %).

Taulukko 4. Todennäköisyys SODAR-mittaukselle.

Käyttää tulevaisuudessa SODAR-tekniikkaa	78,5 %
Uskoo SODAR-tekniikan olevan tulevaisuudessa jossain muodossa johtava teknologia tuulimittauksessa.	62,5 %
Todennäköisyys SODAR-mittaukselle 11.5.2011	49 %

5.3.7 Tulevaisuuden tarve SODAR-mittauksille

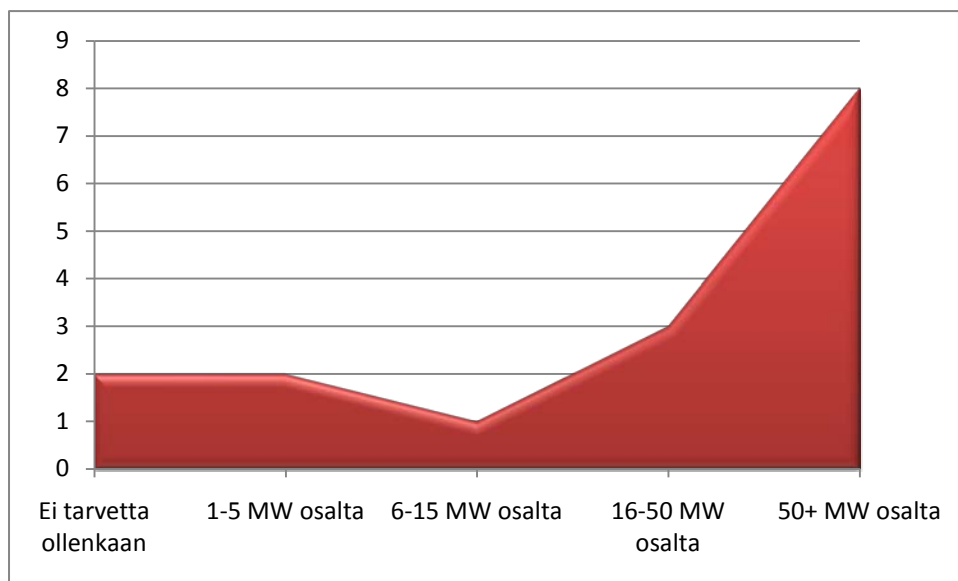
Vastaajista kuusi kuudestatoista oli sitä mieltä, että yksi SODAR-mittaus on riittävä peruste yhdestä kolmeen tuulivoimalan sijoittamispäätökselle. Keskiarvo vastauksille on yksi mittaus yhdeksää tuulivoimalaa kohden. Mikäli kuitenkin jätetään kaksi kahteen suurimpaan vaihtoehtoon vastannutta vaihtoehtoa pois, keskiarvo vastauksille on yksi mittaus kuutta tuulivoimalaa kohden.



Kuvio 19. Vastaajien arvio siitä, kuinka monen tuulivoimalan perustamiseksi yksi SODAR-mittaus riittää.

Seuraava kysymys (Kuvio 20) tuulimittausten tarpeesta tulevalle viidelle vuodelle osoittaa, että markkinoilla tulee olemaan tilausta halvemmalle vaihtoehdolle tuulimittauksiin, jolloin tuulivoimahankkeiden kokonaiskustannukset laskevat ja sitä kautta kuluttajahintaa voidaan laskea alaspäin.

Vastaukset osoittavat, että seuraavalle kymmenelle vuodelle suunnitteilla olevat kuudentuhannen megawatin tuulivoimalahankkeet ovat vakavalla pohjalla. Tämän kysymyksen vastaajat ovat mukana vähintään 456 megawatin suunnittelussa (huom. eri vastaajat voivat olla samassa yrityksessä töissä/projektissa mukana).



Kuvio 20. Vastaajien organisaatioiden tarve SODAR-mittauksille seuraavan viiden vuoden aikana.

Vastaukset tähän kysymykseen osoittavat selkeästi SODAR-mittausten kysynnän lisääntyvän selkeästi tulevien vuosien aikana. Eritoten on huomioitavaa, että kaikki mittaukset eivät johda positiiviseen tuulivoimalan sijoittamispäätökseen, vaan yhtä sijoituspäätöstä varten saatetaan tarvita useitakin mittauksia tuotantotehokkaimman paikan löytämiseksi.

5.4 Sodar-laitteet Suomessa

Osana tutkimusta haastateltiin suomalaisen SODAR-mittauksia ja -laitteita välittävän yrityksen toimitusjohtajaa. Haastattelusta saadun tiedon perusteella Suomessa on tällä hetkellä käytössä noin 20 SODAR-laitetta ja selkeästi suurin osa käytössä olevasta laitteistosta on AQSystemsin AQ500 Wind Findereita, joten kyselyn tulokset perustuvat pitkälti kyseessä olevan mallin käyttökokemuksiin. Yhden SODAR-laitteen hinta on 73000–78000 euroa varustuksesta riippuen. Lisäksi markkinoilla on useita muitakin, jotka tarjoavat SODAR-laitteella tehtäviä tuulenmittauspalveluita. Hintaa mittaukselle tulee 5000–5500 euroa kuukaudessa ja lisäksi tuulisuusraportti 5500 euroa ja mittauksia yhdelle laitteelle tulee 1-4 per vuosi riippuen mitattavan ajanjakson pituudesta. Voidaan arvioida muiden palveluntarjoajien hintojen sijoittuvan samalle alueelle haastattelemani yrityksen kanssa ja todennäköisesti he käyttävät suurin osa samaa AQ500 Wind Finderia.

5.5 SWOT

Osana monivalintakyselyä tuulialan ammattilaisten oli arvioitava omin sanoin SODAR-laitteen vahvuuksia ja heikkouksia. Näiden vastausten avulla voidaan hahmotella SODAR-tekniikkaan ja -laitteisiin liittyvät vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Vastaukset olivat todella monipuolisia ja antoivat laajan kuvan SODAR-tekniikasta SWOT-analyysia varten.

Taulukko 5. SWOT-analyysi.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> • Liikuteltavuus • Asentaminen, huolto ja mittaukset helppoja ja nopeita • Antaa hyvän kuvan tuuliprofiilista mittausalueella • Peittää koko tuulivoimalan pyyhkäisypinta-alan ja osoittaa koko pyörimisalueen tuuligradientin • Lisää mittausten tarkkuutta ja luotettavuutta • Mahdollisuus yhdistää muuhun mittausdataan • Nopeuttaa mittausten aloitusta • mittaaminen talviolosuhteissa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei ole hyväksytty sertifiointilaitoksilla • Rahoituslaitokset eivät hyväksy sitä ainoana mittausmenetelmänä • Yli 100 metrin korkeudelta data on ollut yllättävänkin puutteellista • Tulosten epäluotettavuus osaamattomissa käsissä • Tietyt ongelmat vaativissa sääoloissa • Laaja esteistä vapaa alue mittaustaikaksi
Mahdollisuudet	Uhat
<ul style="list-style-type: none"> • Laitteen hyväksyntä yksittäisenä mittausvälineenä on odotettavissa, kun kokemukset karttuvat • Lyhytkin mittausjakso riittää ensiarvion tekemiseen • Laitteiden kehittyminen • Anemometrien jälkeen ensimmäinen kelvollinen mittaustekniikka • Kustannusten kehittyminen alaspäin • Tuulivoimarakentamisen edessä oleva selkeä kasvu 	<ul style="list-style-type: none"> • Suomen pohjoinen sijainti • Ilkivallalle altis • Ääni • Laitteet eivät enää kehity • Laitteet vaativat tulevaisuudessakin mastolla ja anemometrillä kalibroinnin • Jo tehtyjen mittauksien tulokset osoittautuvat selkeästi virheellisiksi

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Primäärin ja sekundäärisen datan perusteella voidaan päätellä, että tulevaisuudessa on yhä suurempi tarve tuulivoimamittauksille, sillä suunnitteilla olevia hankkeita on tällä hetkellä yli 6000 megawatin osalta vuoteen 2020 mennessä. Kaikki kyselyyn vastaajat pitävät tuulimittauksia tärkeänä osana tuulivoimalan sijoittamispäätöstä tehdessä. Hieman yli yksi kolmasosa arvioi mittaustarpeen olevan yksi-kolme tuulivoimalaa per mittaus ja 62 % arvelee mittaustarpeen olevan mittaus yhtä-kuutta voimalaa kohti. Suomen tuulivoimayhdistyksen(STY) mukaan seuraavan yhdeksän vuoden aikana Suomessa tullaan rakentamaan noin 1500 tuulivoimalaa. Korjatun keskiarvotuloksen ollessa mittaus per kuusi voimalaa, voidaan laskea tulevina vuosina Suomessa olevan tarve 250 tuulimittaukselle. On muistettava, että hylkäykseen johtavissa tapauksissa on todennäköisesti tarvetta useammalle tuulimittaukselle, jotta saadaan lopullinen hyväksyntä kulloinkin kyseessä olevan tuulivoimahankkeen hylkäykselle/hyväksynnälle. Tuulimittauksia suoritetaan lisäksi suunnitellun kohdealueen tuulisuuden selvittämiseksi, jotta saadaan selville onko alue lähtökohtaisestikaan sopiva tuulivoimalle. Lisäksi seuraavan kymmenen vuoden ajalle ehditään vielä suunnittelemaan lisää tuulivoimaprojekteja. Kyselystä saatujen vastausten pohjalta voidaan karkeasti arvioida, että tuulimittauksia tullaan tekemään seuraavan kymmenen vuoden aikana 1000 – 1500.

Kilpailua ei Suomessa ole kovinkaan paljon, jos otetaan vertailukohdaksi se, että Suomessa tullaan tarvitsemaan tulevan kymmenen vuoden aikana 1000 – 1500 tuulivoimalan sijoittamispäätöstä tukevaa tuulimittausta. Kyselyn tulosten perusteella voisi arvioida SODAR-teknologiaa käytettävän jossakin muodossa karkeasti arvioiden noin 50 %:ssa näistä mittauksista, eli SODAR-mittauksia tullaan tekemään 500–750 kappaletta seuraavan kymmenen vuoden aikana. Suomessa on kokonaisuudessaan tällä hetkellä käytössä 20 SODAR-laitetta, joten mittauksia seuraavan kymmenen vuoden aikana tulisi niillä olemaan 2–3 per vuosi per laite. Olemassa olevista laitteista on haastattelun perusteella noin puolet ei-kaupallisessa käytössä, joten mittaustarve tulisi olemaan 4–6 mittausta per laite per vuosi. Tällä hetkellä mittauksia tehdään 1–4 per laite per vuosi, riippuen

mittausten kestosta. Käytännössä yhdellä laitteella tehdään keskimäärin kaksi mittausta per vuosi. Markkinoilla on tämän perusteella tilaa SODAR-mittauspalveluiden määrän kasvuun.

Yhden SODAR-laitteen hankintakustannukset ovat noin 75 000 euroa sisältäen ohjelmiston, joka kerää tuulidatan luettavaan muotoon. SODAR-laitteita lukemaan tarvitaan koulutettu asiantuntija, joka osaa käyttää laitetta ja saa tarvittavan datan mittauksista helposti luettavassa muodossa. Haastattelemani yritys oli kuitenkin ulkoistanut tuulisuusraportin tekemisen, joten luotettavan raportin laatimisen voi tarvittaessa teettää ulkopuolisella. Huomioitavaa on, että lähes kaikki Suomessa käytössä olevat SODAR-laitteet ovat ruotsalaisen AQSystemsin AQ500 Wind Findereita, joten kyselyn tulokset perustuvat pitkälti kyseessä olevan mallin käyttökokemuksiin.

Alla olevassa taulukossa lähdetään siitä lähtökohdasta, että yksittäinen SODAR-laitetta pystytään vuokraamaan vuoden jokaiselle kahdelletoista kuukaudelle ja laitteen hankintahinta on 75000 euroa (kts. luku 4.3).

Taulukko 6. Tuotto-odotus per kuukausi.

	2 vuoden poistolla	3 vuoden poistolla
Kustannukset/kk	4465	3425
Tuotto-odotus	20 %	20 %
Hinta/kk	5360	4110
Tuotto/kk	895	685
Tuotto/12kk	10740	8220

Otettaessa huomioon, että kyseessä on ala ja laite, jossa laitteet ja menetelmät kehittyvät koko ajan paremmiksi ja kustannustehokkaimiksi, on laskettu hinta varsin kilpailukykyinen. Tällöin pystytään kilpailemaan hinnalla kilpailijoita vastaan varsinkin kolmen vuoden poistolla ja itselle jää myydystä palvelusta 20 % voittoa, joka on huomattavan iso verrattuna yleiseen palvelualojen ennakoituun voittoprosenttiin 5 %. Oletukseksi asetettu 20 % voitto-osuus sisältää kuitenkin tämän kaltaiseen liiketoimintaan liittyvät taloudelliset riskit, joita ovat muun muassa tekniikan vanheneminen ja kilpailijoiden käyttämien uusien laitteiden myötä laskeneet hinnat. Lisäksi kolmen vuoden poistossa on vielä pelivaraa tehdä muutoksia jopa ylöspäin, mutta tarvittaessa myös ylöspäin.

Koska SODAR-mittauspalveluiden hintahaarukan voidaan katsoa asettuneen noin 5000 – 5500 euron kuukausitasolle, 3 vuoden poisto tarjoaa yritykselle mahdollisuuden kilpailla asiakkaista muita halvemmillä hinnoilla. Kolmen vuoden poistolla mittaukset olisivat 11,8 % yleistä hintatasoa halvempia verrattaessa hintahaarukan alarajaan.

Kilpailevat yrityksen kuitenkin ovat arvioineet riskin laitteiston vanhenemiselle sen verran isoksi, että he ovat päätyneet laitehankinnoissaan kahden vuoden poistoon. Kahden vuoden poistossa vuotuinen, rahallinen tuotto-odotus on lisäksi 18 % korkeampi kuin kolmen vuoden poistossa. Tätä kautta vanha liiketalouden viisaus tulee esille, ”mitä halvemmalle myy, sitä enemmän täytyy myydä”.

SODAR-laitteella tehtäviä tuulimittauspalveluita tarjoaa tällä hetkellä ainoastaan vain muutama yritys Suomessa, joten markkinoilla on riittävästi tilaa useammallekin toimijalle. Tilaisuus siis olisikin tulla markkinoille jollakin toisella laitteella, jolla voidaan tarjota kilpailijoihin nähden joko halvempia tai luotettavampia ja halvempia tuulimittauspalveluita kahden vuoden poistolla, jolloin riskin osuus olisi pieni ja rahallinen tuotto-odotus isompi. Toinen mahdollisuus olisi kilpailla asiakkaista tekemällä hankitulle laitteella kolmen vuoden poisto, jolloin hintaa voidaan merkittävästi leikata ja voidaan aggressiivisemmin kilpailla asiakkaista, mutta riskit ovat korkeammat ja rahallinen tuotto-odotus pienempi. Asiakkaita olisi kuitenkin helpompi saada

halvemmillä hinnoilla, sillä aloittavan yrityksen on vaikea kilpailla laadulla alalla pidempään toimineita vastaan.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tehty tutkimus oli aiheeltaan erittäin mielenkiintoinen ja henkilökohtaisesti olen iloinen, että olen saanut olla osaltani rakentamassa tuntemusta vihreitä energiamuotoja kohtaan. Tutkittava aihe oli todella haastava, sillä SODAR-laitteeseen kohdistuvia tutkimuksia ei ole Suomessa julkaistu ensimmäistäkään ja englanninkielisiä, teknisiä tutkimuksia on julkaista ainoastaan muutama kappale. Silti en kokenut työtä mahdottomaksi ja uskon, että tämä tutkimus tulee edesauttamaan SODAR-laitteen tunnettavuutta Suomessa. Erinomaisen lähteen tuulivoimaan tutustumiselle tarjosi tuulivoimatieto.fi-sivusto, jonne oli kerätty kaikki olennainen tuulitieto, alan merkittävimmistä lähteistä ja tunnetuimpien suomalaisten alan asiantuntijoiden toimesta.

Tutkimus onnistui mielestäni todella hyvin ja se antaa hyvän kuvan siitä, millaisia liiketoimintamahdollisuuksia SODAR-tuulimittausteknologialla on Suomessa seuraavan kymmenen vuoden ajan. Koska kyseessä on tieteellinen tutkimus, ei mielestäni ole relevanttia tuoda esille valmiita ratkaisuja, sillä tutkittavan kohde on jatkuvien muutoksien alaisena ja valmiit ratkaisut olisivat vanhentuneita puolessa vuodessa. Tutkimuksen tulokset kuitenkin antavat suunnan ja pohjan mahdollisille liiketoimintaan johtaville ratkaisuille.

Itseäni jäi askarruttamaan SODAR- ja LIDAR-laitteiden kehitysvauhti ja milloin nykyiset laitteet tulevat olemaan vanhanaikaisia ja toisaalta milloin SODAR-laitteet saavat sertifiointin, jolloin sillä mittaustulokset voidaan perustaa ainoastaan sen tuottamaan dataan. Lisäselvitystä kaipaisin myös tuulipuistohankkeita koskien ja kuinka omavaraisesti eri tuulipuistohankkeita aiotaan toteuttaa ja toisaalta olisi mielenkiintoista tietää, kuinka paljon ja millaisia alihankkijoita yhteen tuulipuiston-projektin toteuttamiseen tarvitaan.

LÄHTEET

- Anttila, Mai & Iltanen, Kaarina (2001). Markkinointi. Porvoo: WS Bookwell Oy
- Atmospheric Research & Technology, LLC (ART) (2011). About Sodar[online]. Päivitetty helmikuussa 2011 [viitattu 2.3.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:http://sodar.com/about_sodar.htm>.
- Bergström, Seija & Leppänen, Arja 2008. Markkinoinnin maailma. Helsinki: Edita.
- Climate Change Unit 2011. [Viitattu 2.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://ccu.jrc.ec.europa.eu/album/lidar/orig/lidar2.jpg>>.
- Doyle, Peter (1994). Marketing management & strategy. Hertfordshire: Prentice Hall Europe.
- Engblom, Janne; Krappe, Sanna-Mari; Suominen Arto (1998). Liiketoiminnan nelikenttäanalyysi[pdf]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.pk-rh.fi/pdf/swot-ohje>>
- Ghuri, Pervez; Gronhaug, Kjell & Kristinslund, Ivar 1995. Research Methods in Business Studies, 4. painos. Hertfordshire: Prentice Hall
- Grönroos, Christian (2009). Palvelujen johtaminen ja markkinointi. Juva: WS Bookwell Oy.
- Haapanen, Erkki; Holttinen, Esa; Holttinen, Hannele; Laakso, Timo; Paakkari, Merja; Malmgren, Folke; Tammelin, Bengt (2004). Tuulivoiman tietopaketti. Miksi tuulivoimaa?, Mitä tuuli on?, Tuulivoimatuotanto, Taloudellisuus, Tuulivoiman vaikutukset[online]. Päivitetty 2009 [viitattu 12.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulivoima_tietopaketti>
- Haapanen, Erkki (2010a). Tuulivoimatekniikkaa ja aerodynamiikkaa[ppt]. Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.tuulitaito.fi/Artikkelit/tuulivoimatekniikkaa_luento.ppt>.
- Haapanen, Erkki (2010b) Tuulimittausten merkitys ja mahdollisuudet tuulipuiston suunnittelussa ja käytössä[ppt]. Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.tuulitaito.fi/Artikkelit/tuulimittauksista.pdf>>.
- Isohookana, Heli 2007. Yrityksen markkinointiviestintä. Juva: WSOY
- Juholin, Elisa (2004). Cosmopolis – yhteiskuntavastuusta yrityskansalaisuuteen. Keuruu: Inforviestintä Oy.
- Jänkälä, Maria; Mansikka, Marjo (2010). Keminmaan päivähoidon laatumittaus. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu.

Kamensky, Mika (2008). Strateginen johtaminen Menestyksen timantti. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Kemppainen, Anssi (2010). ISO 9001-laadunhallintajärjestelmä pienyrityksille. Oulun seudun Ammattikorkeakoulu.

Ketola, Tarja (2005). Vastuullinen liiketoiminta – sanoista teoiksi. Helsinki: Edita Oy.

Kukko, Juha 2009. Raahen tuulipusito laajenee [Viitattu 2.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=849>

Lahdenpää, Markku; Lainema, Matti & Puolakka, Pekka (2001). Strategisen johtamisen areena ja horisontti. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Laukkanen, Mauri; Koskinen, Antero & Vanhala, Sinikka (2002). Liiketoiminta ja johtaminen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lewis, Philip; Saunders, Mark & Thornhill, Adrian 2009. Research Methods for Business Students, 5. painos. England: Pearson Education Limited.

Manwell, James; McGowan, Jon; Rogers Anthony (2009). Wind Energy Explained: Theory, design and application. John Wiley & Sons, Incorporated.

de Noord, Manuel; Curvers, Antoine; Eecen, Peter; Antoniou, Ioannis; Jørgensen, Hans; Pedersen, T.F.; Bradley, Stuart; von Hünenbein, Sabine; Kindler, Detlef; Mellinghoff, Harald; Emeis, Stefan (2005). Wise, Wind Energy Sodar Evaluation Final Report. Energy research center of The Netherlands.

Oostrum, Henk; Verhoef, Hank; van der Werff, Arno (2009). Comparative measurements between a Triton SODAR and Meteo, Measurements at the EWTW, The Netherlands. Energy Research Center of Netherlands.

Nuon Renewables 2005. Met Mast [viitattu 2.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.nuonrenewables.com/newsite/projects/sapd1/met-mast.aspx>>

Opetushallitus (2010). Yleistä BSC-mallista [viitattu 13.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/laadunhallinnan_tuki/leonardo_quality_in_vet_schools/balanced_scorecard/yleista_bsc_mallista>

Porter, Michael E. (1980). Competitive Strategy. New York: The free press A division of Macmillan Publishing Co.

Rope, Timo 2004. Business to business-markkinointi. Ekonomia-sarja. Porvoo: WSOY.

Siukosaari, Asko 1999. Markkinointiviestinnän johtaminen. Markkinointi-instituutin kirjasarja N:o 47. Porvoo: WSOY

Suomen Yrittäjät (2008). Osuuskunta, osakeyhtiö, perustamistoimet [online], [Viitattu 2.5.2011.]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.yrittajat.fi/fi-FI/minustakoyrittaja/perustamistoimet/>>

Suomen Yrittäjät (2008). Osakeyhtiön verotus [online], [viitattu 5.5.2011.]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.yrittajat.fi/verotjarahat/verotus/osakeyhtionverotus/>>

Tikkanen, Henrikki (2005). Markkinoinnin johtamisen perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Verkko-opetuksen laadunhallinta ja laatupalvelu (2010). BSC [viitattu 2.5.2011.]. Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.vopla.fi/bsc/>>

Verohallinto (2005). Yksityinen elinkeinonharjoittaja (toiminimi) [viitattu 3.5.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.vero.fi/?article=3218&domain=VERO_MAIN&path=5,40,89,91&language=FIN>

W.E.S Engineering (2011). SODAR (Sound Doppler Radar) Services, [Viitattu 2.4.2011]. Saatavilla Internetissä: <URL: http://www.wesengineering.com/docs/SODAR_services_WES_Engineering_LLC_2009.pdf>

Sodar-kysely

Tämä kysely on osa opinnäytetyötäni aiheesta "Soda-tuulenmittausteknologian liiketoimintamahdollisuudet Suomessa." Kyselyyn vastaaminen kestää noin 5 minuuttia.

Kiitoksia jo etukäteen vastauksestasi!

1. Työnantajanne toimiala

- ☐ Sähkön tuotanto tuulivoimalla
- ☐ Tuulivoiman konsultointi- ja suunnittelupalvelut
- ☐ Tuulivoimahankkeiden projektointi
- ☐ Tuuliolosuhteiden mittauspalvelut
- ☐ Jokin muu, mikä _____

2. Mihin ryhmään seuraavista kuulutte

- ☐ Johtotehtävät
- ☐ Asiantuntijatehtävät
- ☐ Asennus- ja huoltotehtävät
- ☐ Jokin muu, mikä _____

3. Kuinka monta vuotta olette toiminut tuulivoiman parissa?

- ☐ <1
- ☐ 2-5
- ☐ 6-10
- ☐ 11-15
- ☐ 16-20
- ☐ 20<

4. Kuinka keskeisenä ja tärkeänä pidätte tuulimittausten tekemistä sijoittamispäätöstä tehtäessä?

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Erittäin
paljon | Melko
paljon | Ei juuri
lainkaan | Ei
lainkaan | En osaa
sanoa |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Mitkä seuraavista tuulenmittaus-teknologioista on teille ennestään tuttuja?

- ☐ Masto ja anemometri
- ☐ LIDAR
- ☐ SODAR
- ☐ Jokin muu, mikä _____

6. Onko yrityksenne/edustamanne taho tehnyt Sodar-laitteella tehtäviä tuulimittauksia?

- ☐ Kyllä, tulemme käyttämään tulevaisuudessa
- ☐ Kyllä, emme tule käyttämään tulevaisuudessa
- ☐ Kyllä
- ☐ Ei, tulemme käyttämään tulevaisuudessa
- ☐ Ei, emme tule käyttämään tulevaisuudessa
- ☐ Ei

☐ En osaa sanoa _____

7. Mikä on mielestäsi johtava tuulenmittaus-teknologia vuonna 2020?

- ☐ Masto ja anemometri
☐ LIDAR
☐ SODAR
☐ Masto ja anemometri täydennettynä LIDAR-mittauksella
☐ Masto ja anemometri täydennettynä SODAR-mittauksella
☐ Jokin muu

8. Onko Sodar-laitteilla tehtävät tuulimittaukset mielestänne luotettavia?

Erittäin paljon	Melko paljon	Ei juuri lainkaan	Ei lainkaan	En osaa sanoa
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Riittäkö Sodar-laitteella tehty tuulimittaus mielestänne perusteeksi tuulivoimalan sijoittamispäätökselle?

Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin eri mieltä	En osaa sanoa
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Tarjoaako Sodar tällä hetkellä mielestänne parempaa tuulimittaustietoa tukemaan tuulivoimalan sijoittamispäätöstä kuin meteorologiset mastot?

Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin eri mieltä	En osaa sanoa
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Yksi Sodar-laitteella tehty mittaus antaa riittävää tietoa kuinka monelle tuulivoimalan sijoittamispäätökselle

- ☐ 1-3
☐ 4-6
☐ 7-12
☐ 13-20
☐ 20-30
☐ 30+

12. Miten näette jo tehtyjen sodarmittausten onnistuneen?

Erinomaisesti	Erittäin hyvin	Melko hyvin	Melko huonosti	Erittäin huonosti
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Omien tietojenne perusteella, onko Sodar-mittaukset asiakkaalle halvempia kuin mastolla tehdyt mittaukset?

Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin eri mieltä	En osaa sanoa
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Mitä hyötyjä näette sodar-laitteissa omasta näkökulmastanne?

15. Mitä haittoja näette sodar-laitteissa omasta näkökulmastanne?

16. Mitä muuta haluaisite kertoa meille Sodarista tutkimukseemme?

Sodar-kysely

Taulukkoraportti

N=16

Julkaistu: 7.4.2011

Kaikki vastaajat (N=16)
--

Työnantajanne toimiala

Tuulivoiman rakennuttaminen ja omistaminen	0
Tuulivoiman konsultointi- ja suunnittelupalvelut	0
Tuulivoimahankkeiden projektointi	0
Tuuliolosuhteiden mittauspalvelut	0
Jokin muu, mikä	0

Mihin ryhmään seuraavista kuulutte

Johtotehtävät	7
Asiantuntijatehtävät	8
Asennus- ja huoltotehtävät	1
Jokin muu, mikä	0

Kuinka monta vuotta olette toiminut tuulivoiman parissa?

<1	1
2-5	7
6-10	4
11-15	2
16-20	2
20<	0

Kuinka keskeisenä ja tärkeänä pidätte tuulimittausten tekemistä osana tuulivoimahanketta?

Erittäin paljon	15
Melko paljon	1
Ei juuri lainkaan	0

Ei lainkaan	0
En osaa sanoa	0

Mitkä seuraavista tuulenmittaus-teknologioista on teille ennestään tuttuja?

Masto ja anemometri	16
LIDAR	7
SODAR	14
Ei mikään edellä mainituista	0

Onko yrityksenne/edustamanne taho hyödyntänyt Sodar-laitteella tehtäviä tuulimittauksia?

Kyllä ja tulemme käyttämään tulevaisuudessa	8
Kyllä ja emme tule käyttämään tulevaisuudessa	0
Kyllä ja en osaa sanoa tulevasta käytöstä	0
Ei, mutta tulemme käyttämään tulevaisuudessa	3
Ei ja emme tule käyttämään tulevaisuudessa	1
Ei ja en osaa sanoa tulevasta käytöstä	2
En osaa sanoa	2

Mikä on mielestäsi johtava tuulenmittaus-teknologia vuonna 2020?

Masto ja anemometri	0
LIDAR	4
SODAR	7
Masto ja anemometri täydennettynä LIDAR-mittauksella	1
Masto ja anemometri täydennettynä SODAR-mittauksella	3
Jokin muu	1

Onko Sodar-laitteilla tehtävät tuulimittaukset mielestänne luotettavia?

Erittäin paljon	2
Melko paljon	11
Ei juuri lainkaan	0
Ei lainkaan	0
En osaa sanoa	3

Riittääkö Sodar-laitteella tehty tuulimittaus mielestänne perusteeksi tuulivoimalan sijoittamispäätökselle?

Täysin samaa mieltä	3
Osittain samaa mieltä	5

Osittain eri mieltä	6
Täysin eri mieltä	0
En osaa sanoa	2

Tarjoaako Sodar tällä hetkellä mielestänne parempaa tuulimittaustietoa tukemaan tuulivoimalan sijoittamispäätöstä kuin meteorologiset mastot?

Täysin samaa mieltä	3
Osittain samaa mieltä	4
Osittain eri mieltä	3
Täysin eri mieltä	3
En osaa sanoa	3

Tuulivoimapuistohankkeessa yksi Sodar-laitteella tehty mittaus antaa riittävää tietoa kuinka monelle tuulivoimalan sijoittamispäätökselle

1-3	6
4-6	4
7-12	2
13-20	2
20-30	1
30+	1

Miten näette jo tehtyjen sodarmittausten onnistuneen?

Erinomaisesti	0
Erittäin hyvin	3
Melko hyvin	9
Melko huonosti	0
Erittäin huonosti	0
En osaa sanoa	4

Omien tietojenne perusteella, onko Sodar-mittaukset asiakkaalle halvempia kuin mastolla tehdyt mittaukset?

Täysin samaa mieltä	4
Osittain samaa mieltä	5
Osittain eri mieltä	1
Täysin eri mieltä	1
En osaa sanoa	5

Kuinka arvioisitte omalta osaltanne Sodar-mittauksen tarvetta seuraavan

viiden vuoden aikana

Ei tarvetta ollenkaan	2
1-5 MW osalta	2
6-15 MW osalta	1
16-50 MW osalta	3
50+ MW osalta	8

Sodar-kysely**Avoimet vastaukset****Mitä hyötyjä näette sodar-laitteissa omasta näkökulmastanne?**

Liikuteltavuus

Pystytään selvittämään wind shear

Very flexible solution; good mobility; can be used without any permanent power supply;

Mittauksen helppous, nopeus ja hinta

Se on nopeasti asennettu ja helposti liikuteltavissa oleva mittauslaite, joka antaa hyvän kuvan tuuliprofiilista mittausalueella. Edut tulevat esiin varsinkin epävarmoissa sisämaan kohteissa, joissa Sodarilla voidaan toteuttaa lyhyt mittauskampanja tuulennopeuden varmistamiseksi ennen pidempiaikaisen mastomittauksen asentamista. Lisäksi se on hyvä lisä mastomittauksille isommilla alueilla joissa mittauksia halutaan tehdä useammilla paikoilla.

Peittää koko tuulivoimalan pyyhkäisypinta-alan, ei ainoastaan napakorkeutta ja muutamaa tasannetta siitä alaspäin Helpompi siirtää paikasta toiseen

Sodar osoittaa tuuligradientin aina lavan huipulle asti. Mastomittauksissa vastaava edellyttää erittäin korkeaa mastoa. Sodarilla voidaan mennä heikompainkin paikkaan ja aloittaa mittaukset. Jos on käytettävissä luotettava pitkän ajan referenssi, lyhytkin mittausjakso riittää ensimmäisen arvion tekemiseen. Jos paikka osoittautuu heikoksi, sodarin voi viedä välittömästi pois. Maston kanssa vastaava ei ole ollenkaan yhtä helppoa. Sodarilla voi mitata talviolosuhteissa, joissa anemometrit jäätyvät ja ilma on Lidarille liian puhdasta. Sodar ei välitä lumisateesta kuten Lidar, joka ei näe lumisateen läpi.

Lisää mittausten tarkkuutta ja luotettavuutta. Täydentävällä mittausmenetelmällä varmistetaan, että mitoitetaan voimalan teho oikein ja mahdollinen tuulivoimainvestointi muodostuu kannattavaksi (pystytään tarkemmin arvioimaan alueellisia huipunkäyttöaikoja ja näin ollen tuotetun energian määrää). Myös säätökapasiteetin mitoitustarpeen määrittäminen tehostuu.

Helppo siirrettävyys, nopea, mittausalue on säädettävissä, mahdollisuus yhdistää muuhun mittausdataan.

Hinta, liikuteltavuus

Helppo liikutella

Edullinen tapa mitata, voidaan helposti siirtää mittauspaikkaa puiston sisällä

Mastomittaukseen verrattuna helpompi siirrettävyys.

SODAR -laitteisto ei suoraan vaikuta meidän toimintaa, mutta meidän yhteistyökumppanien mittausten aloitusta sen on nopeuttanut selkeästi.

Mahdollisuus tietää tuulennopeus monella eri korkeudelle roottorin halkaisijan matkalla.

Asentaminen,huolto ja liikuteltavuus yksinkertaisia ja halpoja mastoon verrattuna.

Mitä haittoja näette sodar-laitteissa omasta näkökulmastanne?

Ei ole hyväksytty sertifiointilaitoksilla

Not so exact data

Ei haittoja

Se ei ole vielä yleisesti hyväksytty mittaamenetelmä esim. kansainvälisissä standardeissa ei mainita sodaria eikä rahoituslaitokset hyväksy sitä ainoana mittaamenetelmänä. Lisäksi yli 100 metrin korkeudelta data on ollut yllättävänkin puutteellista

ääni, hinta, laaja esteistä vapaa alue mittauspaikaksi

Sodar-vaatii tuekseen lähialueella olevan pitkän ajan mastoreferenssin, jonka tuloksien avulla sodar-tulokset saadaan pitkän ajan skaalalle. Sodaria ei voi kalibroida tuulitunnelissa kuten anemometrini. Sen voi kalibroida vain mastomittauksia tai kalibroituja sodaria vastaan. Kalibroitaessa maasto saattaa vaikuttaa tulokseen. Sodaria ei ole vielä yksiselitteisesti hyväksytty riittäväksi mittausvälineeksi, mutta hyväksyntä on odotettavissa, kun kokemukset kattuvat.

Toistaiseksi ylihintaisia, mittaustulokset eivät ole kaikkien rahoittajien hyväksymiä.

Tulosten kyseenalaisuus

Tulosten kattavuus -> tulosten epäluotettavuus osaamattomissa käsissä ja tietyt ongelmat esim. vaativissa sääolosuhteissa

Kalibrointi, pitäisi olla referenssimasto lähellä mittauspaikkaa, vaatii sähköä, ilkvallalle altis

Pohjoiset olot haastavia laitteistolle.

Mitä muuta haluaisite kertoa meille Sodarista tutkimukseemme?

Sodar verus lidar tulisi tutkia. Tulevaisuudessa nämä hyväksytään sertifiointilaitoksilla

anemometrien jälkeen ensimmäinen käytännön tuulen mittaustapa

Olen suorittanut sodar-mittauksia sekä tulkinnut useita sodar-tuloksia. Kokemukset tähän asti ovat olleet hyvin lupaavia. On huomattava, että olen perustanut arvioni ruotsalaisen AQ-Systemsin valmistamista sodareista saatuun kokemukseen. Muitakin sodareita on, ja niiden luotettavuus riippuu mm. toimintaperiaatteesta, joissa on eroja samoin kuin luotettavuudessa. Ei voida sanoa, että edellä sanottu koskisi sodaria yleensä.

Kannattaa kehittää!